



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Biológicas

Escuela Profesional de Ciencias Biológicas

**Diversidad de la biota acuática y evaluación del estado  
de conservación de los ríos Ponasa y Mishquiyacu,  
cuenca del río Huallaga, San Martín, Perú**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Bióloga con mención en  
Hidrobiología y Pesquería

**AUTOR**

Cinthia Leticia INFANTE GARCÍA

**ASESOR**

Mg. Teófilo Hernán ORTEGA TORRES

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Infante, C. (2019). *Diversidad de la biota acuática y evaluación del estado de conservación de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, cuenca del río Huallaga, San Martín, Perú*. Tesis para optar el título profesional de Bióloga con mención en Hidrobiología y Pesquería. Escuela Profesional de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

---

## HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

Código Orcid del autor (dato opcional):

Código Orcid del asesor o asesores (dato obligatorio): 0000-0002-4396-2598

DNI del autor: 70077826

Grupo de investigación:

Institución que financia parcial o totalmente la investigación: Fondecyt

Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación:

ESTACIÓN	Altitud (msnm)	Latitud	Longitud
E1	338	-7.05145081	-76.1009229
E2	279	-7.02202153	-76.1458445
E3	330	-7.01801082	-76.1099328
E4	256	-6.99325032	-76.1794742
E5	232	-6.95708512	-76.2661552
E6	220	-6.90026149	-76.2666189
E7	213	-6.87291175	-76.2974583
E8	352	-6.85774934	-76.1504787
E9	361	-6.8581914	-76.1509413
E10	308	-6.85031862	-76.1639893
E11	258	-6.81823953	-76.2114974
E12	230	-6.79406624	-76.250071
E13	215	-6.77867145	-76.26828
E14	198	-6.77708957	-76.2851764

Año o rango de años que la investigación abarcó: 2017-2018





**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ACTA DE SESIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
BIÓLOGA CON MENCIÓN EN HIDROBIOLOGÍA Y PESQUERÍA  
(MODALIDAD: SUSTENTACIÓN DE TESIS)**

Siendo las 17:00 horas del 22 de agosto de 2019, en el Salón de Grados de la Facultad de Ciencias Biológicas y en presencia del jurado formado por los profesores que suscriben, se dio inicio a la sesión para optar al Título Profesional de Bióloga con mención en **Hidrobiología y Pesquería** de **CINTHIA LETICIA INFANTE GARCIA**.

Luego de dar lectura y conformidad al expediente N° 010-EPCB-2019, la titulando expuso su tesis: **“DIVERSIDAD DE LA BIOTA ACUÁTICA Y EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS RÍOS PONASA Y MISHQUIYACU, CUENCA DEL RÍO HUALLAGA, SAN MARTÍN, PERÚ”**, y el Jurado efectuó las preguntas del caso calificando la exposición con la nota 1.0, calificativo: Aprobado con mención honrosa.

Finalmente, el expediente será enviado a la Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y al Consejo de Facultad para que se apruebe otorgar el Título Profesional de Bióloga con mención en **Hidrobiología y Pesquería** a **CINTHIA LETICIA INFANTE GARCIA** y se eleve lo actuado al Rectorado para conferir el respectivo título, conforme a ley.

Siendo las 18:10 horas se levantó la sesión.

Ciudad Universitaria, 22 de agosto de 2019.

**Dra. TANIA PEÑA BACA**  
(PRESIDENTA)

**Mg. HERNAN ORTEGA TORRES**  
(ASESOR)

**Blga. MARIBEL BAYLON CORITOMA**  
(MIEMBRO)

**Blgo. MAX HIDALGO DEL AGUILA**  
(MIEMBRO)

*A mi familia por su inmenso apoyo y  
ser el pilar fundamental en mi vida. A  
mis amigos por sus palabras de  
aliento para seguir y enseñanzas  
constantes*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, Sulmira y Juvencio, por apoyarme en cada decisión y motivarme a seguir mejorando como profesional y persona.

A Daniel por su apoyo y comprensión a lo largo de todos estos años de carrera.

A mis hermanos Katerin y Sebastián por ser mi mayor fortaleza.

A mi asesor, Mg. Hernán Ortega, en primer lugar por darme la oportunidad de pertenecer al Departamento de Ictiología del Museo de Historia Natural, por su gran apoyo en la culminación de la tesis y sus valiosas enseñanzas en el estudio de los peces de agua dulce.

A los amigos del Departamento de Ictiología: a Nicol Faustino, Vanessa Meza, Darío Faustino y Junior Chuctaya, por su ayuda, consejos, aportes, sugerencias y en especial al Prof. Max Hidalgo y Pamela Andía por sus constantes enseñanzas durante el trabajo en campo y en el departamento.

A la profesora Ana Huamantínco por permitirme ingresar por un corto pero fructífero tiempo al laboratorio de Invertebrados Acuáticos de la FCB y compartirme su valiosa experiencia en taxonomía, por sus consejos y recomendaciones en la realización de la tesis.

A mis amigos del departamento de Invertebrados Acuáticos: A Rodolfo, Pablo y Jessica por su gran ayuda en la identificación y principalmente por su valioso tiempo y enseñanzas taxonómicas.

Al Departamento de Ictiología del Museo de Historia Natural y al laboratorio de Invertebrados acuáticos de la UNMSM, por brindarme instalaciones y equipos adecuados para el desarrollo de este estudio.

¡Gracias a todos!

## INDICE GENERAL

<b>I.- INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II.- MARCO TEÓRICO</b>	2
2.1.- Diversidad de la Ictiofauna y hábitats acuáticos sudamericanos	2
2.2.- Diversidad del macrobentos y su importancia como indicadores ambientales	3
2.3.- Distribución conceptual de las especies acuáticas	4
2.4.- Estimación del estado de Conservación	5
<b>III.- ANTECEDENTES</b>	6
<b>IV.- OBJETIVOS</b>	8
4.1.- General	8
4.2.- Específicos	8
<b>V.- MATERIALES Y MÉTODOS</b>	9
5.1.- Área de estudio	9
5.2.- Materiales	11
5.2.1.- Material de Campo	11
5.2.2.- Material biológico	11
5.2.3.- Materiales para la fase de laboratorio	11
5.3.- Metodología de Campo	11
5.3.1.- Descripción física	11
5.3.2.- Descripción limnológica	12
5.3.3.- Colecta de peces	12
5.3.4.- Colecta de macrobentos	12
5.4.- Metodología de Laboratorio	13
5.4.1.- Identificación de peces	13
5.4.2.- Composición y estructura de la ictiofauna	14
5.4.3.- Identificación de macrobentos	14
5.4.4.- Composición y estructura del macrobentos	15
5.4.4.1.- Macrobentos en relación al sustrato	15
5.5.- Análisis de datos	15
5.5.1.- Diversidad alfa	15
5.5.2.- Diversidad beta	17
5.5.3.-Determinación del estado de conservación de los ambientes acuáticos	17

<b>VI.- RESULTADOS</b> .....	22
6.1.-Descripción física y limnológica de los ambientes acuáticos.....	22
6.1.1.- Descripción física.....	22
6.1.2.- Descripción limnológica.....	23
6.2.- Composición taxonómica, distribución y estructura de la ictiofauna y macrobentos .....	24
6.2.1.- Ictiofauna.....	24
6.2.1.1.- Composición taxonómica y riqueza.....	24
6.2.1.2.- Riqueza y abundancia por cuencas.....	26
6.2.1.3.- Distribución de las especies en el gradiente altitudinal por cuencas .....	31
6.2.1.4.- Estructura comunitaria.....	32
6.2.2.-Macrobentos.....	33
6.2.2.1.-Composición taxonómica y riqueza.....	33
6.2.2.2.-Riqueza y abundancia por cuencas.....	36
6.2.2.3.- Distribución de las morfoespecies en el gradiente altitudinal por cuencas .....	42
6.2.2.4.- Estructura comunitaria.....	44
6.3.- Diversidad alfa.....	45
6.3.1.- Índices de diversidad.....	45
6.3.2.- Curva de acumulación.....	51
6.4.- Diversidad beta.....	53
6.4.1.- Análisis Clúster.....	53
6.5.- Estado de conservación de los ambientes acuáticos.....	55
6.6.- Síntesis del estado de conservación de los ambientes acuáticos mediante los índices bióticos y la evaluación visual de cursos .....	62
<b>VII.- DISCUSIÓN</b> .....	64
<b>VIII.- CONCLUSIONES</b> .....	79
<b>IX.- RECOMENDACIONES</b> .....	80
<b>X.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	81
<b>XI- ANEXOS</b> .....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu.
- Tabla 2.** Categorías y criterios establecidos en el modelo del IBI.
- Tabla 3.** Calificación modificada del estado de conservación de los cuerpos de agua, IBI.
- Tabla 4.** Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col
- Tabla 5.** Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col, significado y colores
- Tabla 6.** Valores y calidad de agua según el índice EPT (Carrera y Fierro, 2001)
- Tabla 7.** Criterios de evaluación del SVAP
- Tabla 8.** Clasificación del estado de conservación de los cuerpos de agua
- Tabla 9.** Descripción de hábitat físico de los cuerpos de agua evaluados en la cuenca del río Ponasa.
- Tabla 10.** Descripción de hábitat físico de los cuerpos de agua evaluados en la cuenca del río Mishquiyacu.
- Tabla 11.** Parámetros fisicoquímicos evaluados en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu durante el mes de diciembre (2017).
- Tabla 12.** Lista taxonómica de la ictiofauna registrada en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.
- Tabla 13.** Riqueza de los órdenes, familias, géneros y especies de la ictiofauna en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.
- Tabla 14.** Lista taxonómica de macrobentos en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.
- Tabla 15.** Riqueza de los órdenes, familias, géneros y morfoespecies del macrobentos en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017
- Tabla 16.** Riqueza de los órdenes, familias, géneros y morfoespecies del macrobentos en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.
- Tabla 17.** Valores de los índices de diversidad para las estaciones de muestreo en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.
- Tabla 18.** Valores de los índices de diversidad para las estaciones de muestreo en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.
- Tabla 19.** Valores de los índices de diversidad para las estaciones de muestreo en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

**Tabla 20.** Valores de los índices de diversidad para las estaciones de muestreo en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

**Figura 1.** Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo, cuenca de los ríos Ponasa y Mishquiyacu.

**Figura 2.** Riqueza por órdenes en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

**Figura 3.** Abundancia por órdenes en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

**Figura 4.** Riqueza y abundancia por familias en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

**Figura 5.** Riqueza por órdenes en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

**Figura 6.** Abundancia por órdenes en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

**Figura 7.** Riqueza y abundancia por familias en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

**Figura 8.** Riqueza de especies en el gradiente altitudinal de la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

**Figura 9.** Riqueza de especies en el gradiente altitudinal de la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

**Figura 10.** Porcentaje de las principales especies en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.

**Figura 11.** Riqueza de morfoespecies por clase en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.

**Figura 12.** Riqueza de morfoespecies por órdenes en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

**Figura 13.** Abundancia por órdenes en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

**Figura 14.** Riqueza y abundancia de las principales familias de macrobentos en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

**Figura 15.** Riqueza de morfoespecies por órdenes en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

**Figura 16.** Abundancia por órdenes en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

**Figura 17.** Riqueza y abundancia de las principales familias de macrobentos en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

**Figura 18.** Riqueza de morfoespecies en el gradiente altitudinal de la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

- Figura 19.** Riqueza de morfoespecies en el gradiente altitudinal de la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.
- Figura 20.** Porcentaje de las principales morfoespecies en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.
- Figura 21.** Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS) de los macrobentos y los tipos de sustratos en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.
- Figura 22.** Índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y Simpson (1-D) para la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.
- Figura 23.** Índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y Simpson (1-D) para la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.
- Figura 24.** Índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y Simpson (1-D) para la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.
- Figura 25.** Índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y Simpson (1-D) para la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.
- Figura 26.** Curva de acumulación de especies para las cuencas de los ríos Ponasa (a) Mishquiyacu (b), diciembre 2017.
- Figura 27.** Curva de acumulación de las morfoespecies para las cuencas de los ríos Ponasa (a) y Mishquiyacu (b), diciembre 2017.
- Figura 28.** Dendrograma de Similaridad Bray-Curtis de las estaciones ubicadas en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.
- Figura 29.** Dendrograma de Similaridad Bray-Curtis de las estaciones ubicadas en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.
- Figura 30.** Calificación de los ambientes acuáticos mediante el IBI en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.
- Figura 31.** Calificación de los ambientes acuáticos mediante el IBI en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.
- Figura 32.** Índice BMWP/Col en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.
- Figura 33.** Índice BMWP/Col en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.
- Figura 34.** Índice EPT (%) en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.
- Figura 35.** Índice EPT (%) en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.
- Figura 36.** Puntuación de SVAP de la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.
- Figura 37.** Puntuación de SVAP de la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.
- Figura 38.** Mapa de la calidad del agua y del habitat físico en las estaciones de la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.
- Figura 39.** Mapa de la calidad del agua y del habitat físico en las estaciones de la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.



## RESUMEN

El presente estudio se realizó en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, tributarios del río Huallaga y ubicados dentro de la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul (ZA-PNCAZ), en el departamento de San Martín. El objetivo principal del estudio fue determinar la diversidad biótica (peces y macrobentos) y evaluar el estado de conservación de los ambientes acuáticos. El trabajo de campo se realizó en 14 estaciones de muestreo en 2017. Se registraron y evaluaron los parámetros fisicoquímicos, la ictiofauna y el macrobentos; además, para determinar el estado de conservación de los ambientes acuáticos, se usó los índices bióticos: Índice de integridad biológica (IBI), Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) y el Biological Monitoring Working Party (BMWP), y para el análisis de las características físicas de los hábitats se empleó el Protocolo de Evaluación Visual de Cursos (SVAP). Se identificaron 47 especies de peces y 109 morfoespecies del macrobentos. Los órdenes mejor representados fueron Characiformes y Siluriformes en peces y el orden Diptera en macroinvertebrados. Los índices bióticos calificaron a 11 de los ambientes acuáticos como aguas de buena calidad, ubicados en la parte alta de los ríos y solo tres estaciones calificaron con condición mala o dudosa. La calidad del hábitat físico mostró que el 71% de los hábitats tuvo condición regular, y solo el 29% tuvo condición buena, que se caracterizaron por estar situados en zonas altas en donde la población tiene un mínimo contacto con los ambientes acuáticos. La composición de la ictiofauna siguió el patrón general de los ecosistemas acuáticos amazónicos, siendo dominado en riqueza y abundancia por los órdenes Characiformes y Siluriformes. El orden Diptera fue el más dominante en riqueza de morfoespecies, destacándose por ser el grupo que contiene casi la mitad de todos los insectos acuáticos. Se confirma los cambios longitudinales de conjuntos de peces y macrobentos a lo largo del gradiente altitudinal, lo cual estaría relacionado con las variables físicas y ambientales características del lugar. Finalmente la calidad de los hábitats acuáticos se encuentra estrechamente relacionados con el grado de conservación del ambiente terrestre alrededor.

**Palabras-clave:** ictiofauna, macrobentos, Parque Nacional Cordillera Azul, integridad biótica, índices bióticos

## **ABSTRACT**

The present study was developed in the basins of the Ponasa and Mishquiyacu rivers, tributaries of the Huallaga river and located in the Buffer Zone of the Cordillera Azul National Park (ZA-PNCAZ), in the San Martín department. The main objective of the study was to determine the biotic diversity (fish and macrobenthos) and to evaluate the conservation state of the Ponasa and Mishquiyacu rivers. The field work was carried out in 14 sampling stations in 2017, within the main rivers and their tributaries. The physicochemical parameters, the ichthyofauna and the macrobenthos were registered and evaluated; also, to determine the conservation status of the aquatic environments, biotic indexes: index of biological integrity (IBI), Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT) and for the analysis of the physical characteristics of the habitats the Protocol of Visual Evaluation of Courses (SVAP) were used. We registered and evaluated 47 fish species and identified 109 morphospecies of macrobenthos. The best represented orders were Characiformes and Siluriformes for fish, and Diptera for macroinvertebrates. The biotic indices rated 11 of the aquatic environments as good quality waters, located in the upper part of the rivers and only three stations qualified with bad or doubtful condition. The quality of the physical habitat showed that 71% of the habitats had a regular condition, and only two showed good conditions, characterized by being located in high areas where the population has minimal contact with aquatic environments. The composition of the ichthyofauna followed the general pattern of the Amazonian aquatic ecosystems, being dominated in richness and abundance by the orders Characiformes and Siluriformes. The order Diptera was the most dominant in wealth of genera, standing out as the group that contains almost half of all aquatic insects. It confirms the longitudinal changes of sets of fish and macrobenthos along the altitudinal gradient, which would be related to the physical and environmental variables characteristic of the place. Finally, the quality of aquatic habitats is closely related to the degree of conservation of the surrounding terrestrial environment.

**Keywords:** Ichthyofauna, macrobenthos, Cordillera Azul National Park, biotic integrity, biotic index,

## I. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la diversidad total de las aguas dulces es aún incompleto, especialmente en las latitudes tropicales que soportan la mayoría de las especies del mundo (Lundberg *et al.*, 2000). Los peces son uno de los grupos mejor conocidos con aproximadamente 8000 especies válidas en la región Neotropical, de los cuales 5160 especies descritas pertenecen al continente sudamericano (Reis *et al.*, 2016). En el caso de la Amazonía Peruana, esta contiene una gran diversidad ictiológica, con más de 900 especies (82% del total registrado) (Ortega *et al.*, 2012), los cuales presentan una alta importancia como recurso alimenticio para las poblaciones amazónicas (Araujo *et al.*, 2007). En el Perú existen zonas con mayores niveles de estudio, tales como el río Biabo (De Rham *et al.*, 2001), el río Yavarí (Ortega *et al.*, 2003), el río Bajo Urubamba (Ortega *et al.*, 2001); sin embargo, el conocimiento de la ictiofauna sigue siendo incompleta y más aún para grupos menos estudiados como los macroinvertebrados (Lundberg *et al.*, 2000) y siendo la biota acuática de la cuenca amazónica la más diversa del mundo, es necesario incidir en el conocimiento de su biodiversidad (Ortega *et al.*, 2010).

La pérdida de la biodiversidad es uno de los mayores problemas que enfrentan los hábitats continentales, aún más que los ecosistemas terrestres (Sala *et al.*, 2000) y la Amazonía peruana no es la excepción. Estos ecosistemas enfrentan una preocupante degradación, generadas por actividades antropogénicas debido principalmente a la agricultura, ganadería, minería, entre otros (Ortega *et al.*, 2012), particularmente en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, pertenecientes a la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul (ZA-PNCAZ). Actividades tales como la agricultura y la ganadería generan preocupación en la población local (T. Pequeño, comunicación personal, mayo 2017), debido a que junto a otros ríos forma una red hídrica que alimentan las actividades económicas de algunos centros poblados en la zona. Por tal razón, uno de los objetivos del Parque Nacional Cordillera Azul (PNCAZ), considerado el tercer de mayor extensión, después del Alto Purús y Manu, no solo es la protección y el cuidado de la biodiversidad sino también de los hábitats en los que se desarrollan (SERNANP, 2012).

Al generar mayor información mediante el presente estudio principalmente en zonas poco o nada estudiadas o en áreas en donde existe una continua degradación del hábitat debido a los cambios en el uso de la tierra, la contaminación del agua, la urbanización y las malas prácticas agrícolas, que causan cambios en la conformación de las comunidades biológicas, permitirá el desarrollo continuo de estrategias para la conservación y gestión de la biodiversidad de agua dulce (Lundberg *et al.*, 2000).

En tal sentido, el presente trabajo es una contribución al conocimiento de parte importante de la biota acuática de la ZA-PNCAZ, como son los peces y los macrobentos, con respecto a su composición, distribución y estructura; y su uso como indicadores biológicos para la determinación del estado de conservación de los ambientes de agua dulce evaluados, con la finalidad de aportar en la generación de información actualizada como apoyo para la elaboración de planes de manejo enfocados en el uso sostenible de los recursos y en el manejo de las cuencas.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1.- Diversidad de la Ictiofauna y hábitats acuáticos sudamericanos**

Los peces distribuidos en Sudamérica son los más diversos del mundo con estimaciones actuales que se ubican por encima de las 9100 especies de las cuales existen aproximadamente 5160 especies descritas de agua dulce, agrupados en 739 géneros, 69 familias y 20 órdenes (Reis *et al.*, 2016). Los órdenes Characiformes ( $\approx 1700$  spp.), Gymnotiformes ( $\approx 212$  spp.) y Siluriformes ( $\approx 1915$  spp.) pertenecientes al Superorden Ostariophysi representan el 74% de todos los peces continentales en Sudamérica (Albert *et al.*, 2011; Reis *et al.*, 2016). La gran diversidad de peces vive en una vasta variedad de ambientes acuáticos tales como pequeños ríos y quebradas de gran altitud; caracterizado por el alto flujo y contenido de oxígeno, además están las quebradas y ríos pequeños de menor altitud; finalmente están los ríos profundos y de gran tamaño, las planicies de inundación, los lagos, entre otros (Barletta *et al.*, 2010; Crampton, 2011). En esta región, la química del agua se encuentra influenciada especialmente por la geoquímica del sustrato de las fuentes de agua de las cabeceras, cobertura vegetal dominante y el tipo de suelo (Albert & Reis, 2011), los cuales determinan los tipos de agua blanca, negra y clara (Sioli, 1984). Se diferencian en los tipos y contenidos de sedimentos, el carbono orgánico disuelto (COD), el contenido de iones y otras variables fisicoquímicas como la densidad, el pH y la temperatura (Barletta *et al.*, 2010). Los ríos de aguas blancas, son turbios y tienen sus orígenes en los Andes, de los cuales transportan grandes cantidades de sedimentos ricos en nutrientes (Villamizar *et al.*, 2017). Los ríos de aguas negras se caracterizan por sus bajas cantidades de materia suspendida pero con altas cantidades de ácidos húmicos que le dan al agua un color marrón rojizo (Ríos-Villamizar *et al.*, 2014). Finalmente, los ríos de aguas claras, se caracterizan por presentar bajas cantidades de sedimentos y alta transparencia (Villamizar *et al.*, 2014; Crampton, 2011).

## **2.2.- Diversidad del macrobentos y su importancia como indicadores ambientales.**

Los arroyos y ríos contienen una notable diversidad de macroinvertebrados. En muchos ambientes lóticos, la comunidad de macroinvertebrados consta de especies de numerosos filos (Morse *et. al.*, 1980, Benke *et. al.*, 1984, Roy *et. al.*, 2003). Entre estos filos se encuentran los artrópodos, moluscos, anélidos, nemátodos y turbelarios (Hauer y Resh, 1996), pero principalmente los estados juveniles de varios órdenes de insectos (Segnini, 2003).

La mayoría de los macroinvertebrados de arroyos son bentónicos, es decir, aquellos organismos que se asocian con las superficies del fondo de los ríos y arroyos (p. ej., lecho de roca, canto rodado, sedimentos más finos) u otras superficies estables (p. ej., árboles caídos, raíces y vegetación acuática sumergida o emergente), al menos en algunas etapas de su ciclo de vida (Hauer y Resh, 1996).

Entre la fauna de agua dulce, los insectos acuáticos desempeñan funciones ecológicas claves, siendo indispensables en las redes alimentarias y el ciclo de nutrientes (Morse, 2009), además son de especial importancia en términos de conservación y protección de los ecosistemas de agua dulce debido a su alta sensibilidad al estrés ambiental y/o su capacidad para soportar cambios severos en las condiciones ambientales (Contador *et. al.*, 2012).

Tradicionalmente, la evaluación de la calidad del agua se ha realizado únicamente mediante análisis físicos, químicos y bacteriológicos. Sin embargo, la situación fue cambiando en los últimos años, incluyendo a los macroinvertebrados en muchos países como una forma de evaluar la calidad de los ecosistemas de agua dulce (Roldan, 2016). Por ejemplo, Roldan y Ramirez (2008) usaron macroinvertebrados como indicadores biológicos, basándose en que estos organismos están adaptados a las exigencias ambientales del hábitat que ocupan y cualquier variación en las condiciones ambientales influenciará, por tanto, en la estructura de las comunidades que allí habitan.

### **2.3.- Distribución conceptual de las especies acuáticas**

Los cambios sucesionales a lo largo de los ríos introdujo el “concepto de río continuo” (Vannote *et al.*, 1980), el cual se centra en los cambios graduales que experimentan las comunidades lólicas río abajo, desde el nacimiento hasta la desembocadura (Roldan y Ramirez, 2008).

Muchas corrientes de agua de las cabeceras están fuertemente influenciadas por la vegetación ribereña, que reduce la producción autótrofa al sombrear y aportar grandes cantidades de detritus alóctono (Cummins, 1974; Vannote *et. al.*, 1980). A medida que aumenta el tamaño del río, la menor importancia de la entrada orgánica terrestre, coincide con una mayor importancia de la producción primaria autóctona y el transporte orgánico, la cual es producto del procesamiento de hojas muertas y restos de madera desde aguas arriba (Vannote *et. al.*, 1980). Por lo mencionado, los cambios geomorfológicos sucesivos son acompañados de cambios físicos y químicos del agua, generando el establecimiento de ciertas comunidades adaptadas de manera particular a cada hábitat (Roldan y Ramirez, 2008).

Actualmente los cambios en la biodiversidad y la estructura de las comunidades biológicas a lo largo de gradientes de elevación esta siendo de interes para ecologistas biogeógrafos y conservacionistas (Carvajal-Quintero *et. al.*, 2015). Los estudios sobre estos cambios han incluido variedad de organismos, incluidos vertebrados, invertebrados y plantas de diferentes regiones geográficas (Rahbek, 1995). En general, el patrón observado está marcado por una disminución en la diversidad de especies y la sustitución de especies a medida que aumenta la altitud; sin embargo, los procesos que determinan esos patrones siguen siendo poco conocidos (Lomolino, 2001). Una de las explicaciones posibles se basan en la relación especie-area, donde las zonas de menor altitud, que son áreas más grandes, presentan en toda su extensión mayor cantidad de energía solar, recursos y números de población; más refugios y más espacio para especies con rangos de hábitats más grandes; mayor diversidad de ambientes; y mayor potencial para servir como objetivo para inmigrantes potenciales (Brown y Lomolino, 1998).

Además, a lo largo de la gradiente de elevación, los cuerpos de agua cambian de muy rápido, turbulento, frío y altamente oxigenado en las partes más altas a menos turbulento y oxigenado, más turbio y más cálido en los tramos más bajos (Vannote *et al.*, 1980; Minshall *et al.*, 1985). Adicionalmente, las especies de peces que dominan la parte superior del gradiente se adaptan a las condiciones ambientales adversas mediante diferentes adaptaciones morfológicas y de comportamiento, incluidas formas corporales que reducen la resistencia al agua, apéndices similares a la succión para aferrarse a las superficies de roca y cataratas (Roldan y Ramirez, 2008) y la capacidad de esconderse

bajo grandes rocas u ocupar aguas poco profundas en hábitats de margen de canal durante las inundaciones y sequías (Maldonado-Ocampo *et. al.*, 2005; Scatena y Gupta, 2012; Carvajal-Quintero *et. al.* 2015).

Illies (1969), en base a trabajos realizados en Sudamérica, hace referencia a dos grandes grupos de insectos acuáticos: los *adaptados a aguas frías*, los cuales se caracterizan principalmente por tener temperaturas entre 10-22°C , oxígeno(>5mg/l), conductividad eléctrica (<20 us/cm) y los *adaptados a aguas calientes*, con temperaturas entre 27-31°C, oxígeno (>3mg/l) y conductividad eléctrica (90-250 us/cm). Los grupos adaptados a aguas frías habitan ríos y corrientes ubicadas a elevaciones superiores; por ejemplo, algunos tricópteros, varios efemerópteros, plecópteros, coleópteros y dípteros (Flint, 2008), cuyas larvas presentan algunas adaptaciones a cuerpos de agua con altos niveles de oxígeno, lo cual conlleva a que ciertos taxones presenten agallas muy reducidas o ausentes (Roldan y Ramírez, 2008).

Por otro lado, los grupos adaptados a aguas calientes habitan ríos y corrientes neotropicales ubicadas a menores elevaciones, caracterizado por la temperatura estable y alta a lo largo del año (Illies, 1969). Bajo estas condiciones el oxígeno experimenta grandes fluctuaciones, lo que restringe la vida para numerosos organismos; por lo cual los insectos presentan como mecanismo de adaptación, agallas respiratorias aplanadas y ramificadas de mayor tamaño, lo que ofrece una mayor superficie para tomar oxígeno (Roldan y Ramírez, 2008).

## **2.4.- Estimación del estado de Conservación**

A pesar de la extraordinaria riqueza, la singularidad y la importancia económica de los ecosistemas de agua dulce y su fauna, están muy poco representados en iniciativas de conservación de alta prioridad (Olson *et. al.*, 1998), y han perdido una mayor proporción de sus especies y hábitats que los ecosistemas en la tierra o en los océanos (Abell *et. al.*, 2008). Además, los hábitats de agua dulce están siendo sometidos a niveles sin precedentes de disturbios humanos (Saunders *et. al.*, 2012), y en todo el mundo estos hábitats están más en peligro que sus homólogos terrestres (Abell, 2002). Uno de los problemas y que genera mayor preocupación para todos los ecosistemas acuáticos de América del Sur es la pérdida de hábitat, con una larga lista de causas, incluyendo represas, deforestación, contaminación, minería y malas prácticas agrícolas. La selva amazónica y otros biomas están bajo la amenaza de ser reemplazados por las mismas presiones de desarrollo (Barletta *et al.*, 2010).

Los ambientes acuáticos en el Perú presentan estado de conservación muy variable, que va desde prístinos en áreas remotas y protegidas, y degradados en zonas con actividades extractivas intensivas, además de una alta densidad poblacional cercana a

las riberas (Ortega *et al.*, 2012). Entre las principales amenazas para la conservación de los ambientes acuáticos, están actividades extractivas como la minería aurífera y la tala, además de la construcción de grandes represamientos (Ortega y Chang, 1998). Tradicionalmente, los programas de monitoreo se basaban principalmente en el monitoreo químico y físico hasta los años 70. En los últimos años el concepto de calidad del agua ha ido cambiando rápidamente de un enfoque puramente físico y químico a otro que integra todos los componentes del ecosistema (Roldan y Ramírez, 2008); por lo cual, el uso de organismos acuáticos para evaluar la calidad del agua es un enfoque reciente, en el que Warren (1971) y Hynes (1972) abordan ampliamente este tema y colocan las bases para el estudio de la fauna acuática como bioindicadora de la calidad del agua. El principio es relativamente simple; bajo condiciones adversas los organismos se adaptan o perecen; por tanto, el tipo de ensamble que se encuentre en un ecosistema debe reflejar las condiciones ambientales que allí están prevaleciendo (Roldan y Ramirez, 2008). Roldán (1988) da a conocer el estudio de los macroinvertebrados acuáticos de Antioquia (Colombia), la cual es presentada como una guía, pudiendo ser aplicado en gran parte de lugares similares en el neotrópico, dándose allí las bases para la clasificación de los ambientes acuáticos, basados en grupos de macroinvertebrados propios de esta región.

### **III. ANTECEDENTES**

El trabajo más reciente con respecto al estudio de la diversidad íctica y evaluación de la calidad de los ambientes acuáticos de la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul (ZA-PNCAZ) fue desarrollado por Meza (2014), en la cuenca del río Huallaga, entre las provincias de Aucayacu y Tocache, registrándose 64 especies de peces y aplicandose el Índice de Integridad Biológica (IBI) y SVAP (Stream Visual Assessment Protocol), basado en la descripción del ambiente, resultando ambientes con condición buena y regular. Anteriormente, se realizó el Inventario Biológico Rápido (IBR), que permitió la creación del Parque Nacional Cordillera Azul, en el sector alto de los ríos Pauya y Pisqui en el departamento de Loreto, siendo hábitats acuáticos en excelentes condiciones y evidenciándose una alta riqueza íctica con 93 especies, de los cuales, 22 fueron nuevos registros para el Perú y probablemente, entre ellos, 10 nuevos para la ciencia (Alverson *et al.*, 2001).

Trabajos relacionados con la diversidad de la biota acuática en la Amazonía y su aplicación como bioindicadores lo desarrollaron Ortega *et al.* (2010) como parte del monitoreo biológico realizado entre los años 2003 y 2009, en cinco localidades del río Bajo Urubamba, estudiando principalmente las comunidades del bentos y peces, haciendo uso del IBI y el Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera,



registrándose 112 especies del bentos y 176 especies de peces, representadas por seis órdenes y 26 familias. Así, las condiciones de los ambientes acuáticos resultaron ser buenas y muy buenas de acuerdo al IBI y EPT. Igualmente Ortega *et al.* (2007) describieron la diversidad y la condición de los ambientes acuáticos, en la parte baja del río Huallaga, entre Tarapoto y Yurimaguas, correspondientes a la parte nororiente del Perú, registrándose 95 especies de peces y 20 especies del bentos. Para determinar la calidad de los cuerpos de agua se utilizaron el IBI y el EPT, encontrando ambientes con buenas condiciones a menor altitud.

En el río Ponasa se realizó una evaluación rápida de la diversidad y usos de los peces (Hidalgo y Pequeño, 2005) como parte del monitoreo ambiental en la zona de amortiguamiento del PNCAZ organizada por el Centro de Conservación, Investigación y manejo de Áreas Naturales (CIMA), se reportaron 16 especies de peces en el tramo entre Shamboyacu y Vista alegre. Posteriormente Oyague (2006), realizó un inventario preliminar del macrobentos, registrando 102 especies y evaluó la calidad del agua en la cuenca mediante el uso de indicadores biológicos, calificando a los cuerpos de agua en buen estado.

Las investigaciones de la ictiofauna para la cuenca del río Huallaga se originan desde 1920, en la zona del Bajo y Alto Huallaga, donde reportaron 150 y 12 especies respectivamente (Eigenmann & Allen, 1942). Correa (1982) como parte del proyecto “Explotación Pesquera Integral” registró información y documentó la composición íctica en la zona del Huallaga central hasta el río Mayo, alcanzando a identificar 20 especies de las 43 colectadas. Ecurra (2017) evaluó la diversidad ictiológica y el estado de conservación del río Mayo en el departamento de San Martín, describiendo la composición taxonómica y distribución de los peces en la cuenca, se identificaron en total 65 especies. Valenzuela (2017) evaluó la composición de la ictiofauna, su distribución a través del gradiente altitudinal y el estado de conservación del río Huallaga, reportando 128 especies de peces, incluyendo especies endémicas, migratorias, nativas e introducidas.

En distintas partes del Perú se han venido realizando estudios similares como el de Correa y Ortega (2010), que evaluó la parte baja del río Nanay (Loreto) en época de vaciante y creciente, reportándose 86 especies de peces y ambientes acuáticos en estado variable (Afectada, buena y aceptable).

Trabajos relacionados con la diversidad del macrobentos en la Amazonía y su uso como indicadores biológicos, lo desarrollaron Sweeney *et al.* (2006) como parte de un proyecto realizado el 2006, en el departamento de Madre de Dios, creando una línea de base de datos científicos sobre la calidad del agua y la biodiversidad de los ríos, se registraron 204 especies del macrobentos y la calidad del agua varió entre zonas impactadas y no

impactadas, siendo esta última la predominante. Posteriormente Guevara (2013), evaluó la comunidad macrobentónica de bancos vegetados en quebradas de la cuenca baja del río Madre de Dios, especialmente en zonas donde se desarrolla actividad minera y zonas prístinas, se identificaron 156 taxa y los ambientes resultaron con condición mala, regular y buena.

Trabajos similares relacionados a la taxonomía de los macroinvertebrados acuáticos y su uso como indicadores de la calidad de las aguas se han venido realizando en diferentes partes de Sudamérica. Roldan (1988) publicó la “Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia”, trabajo que sirvió de referencia para el inicio del conocimiento de las comunidades de estos organismos en diferentes regiones de Colombia y de Latinoamérica. Posada *et al.* (2000) establecieron la calidad ecológica de las aguas en el área del Parque Piedras Blancas en Colombia. Dominguez y Fernandez (2009) proporcionaron información dispersa de distintos grupos taxonómicos, como guía de laboratorio y campo, para facilitar las determinaciones hasta un nivel adecuado a los no especialistas en determinados grupos.

#### **IV. OBJETIVOS**

##### **4.1 General**

- Determinar la diversidad de la biota acuática (necton y macrobentos) y el estado de conservación de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, tributarios del río Huallaga, departamento de San Martín.

##### **4.2 Específicos**

- Describir física y limnológicamente los ambientes acuáticos en estudio.
- Describir la composición taxonómica, distribución y estructura de la comunidad de peces y macrobentos.
- Determinar la diversidad alfa y beta de la ictiofauna y macrobentos.
- Determinar el estado de conservación de los ríos Ponasa y Mishquiyacu utilizando el Índice de Integridad Biológica (IBI) basado en los peces, el Índice BMWP/Col e Índice EPT.
- Determinar la calidad del hábitat físico de los ríos Ponasa y Mishquiyacu mediante el Protocolo de evaluación visual de cursos (SVAP).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

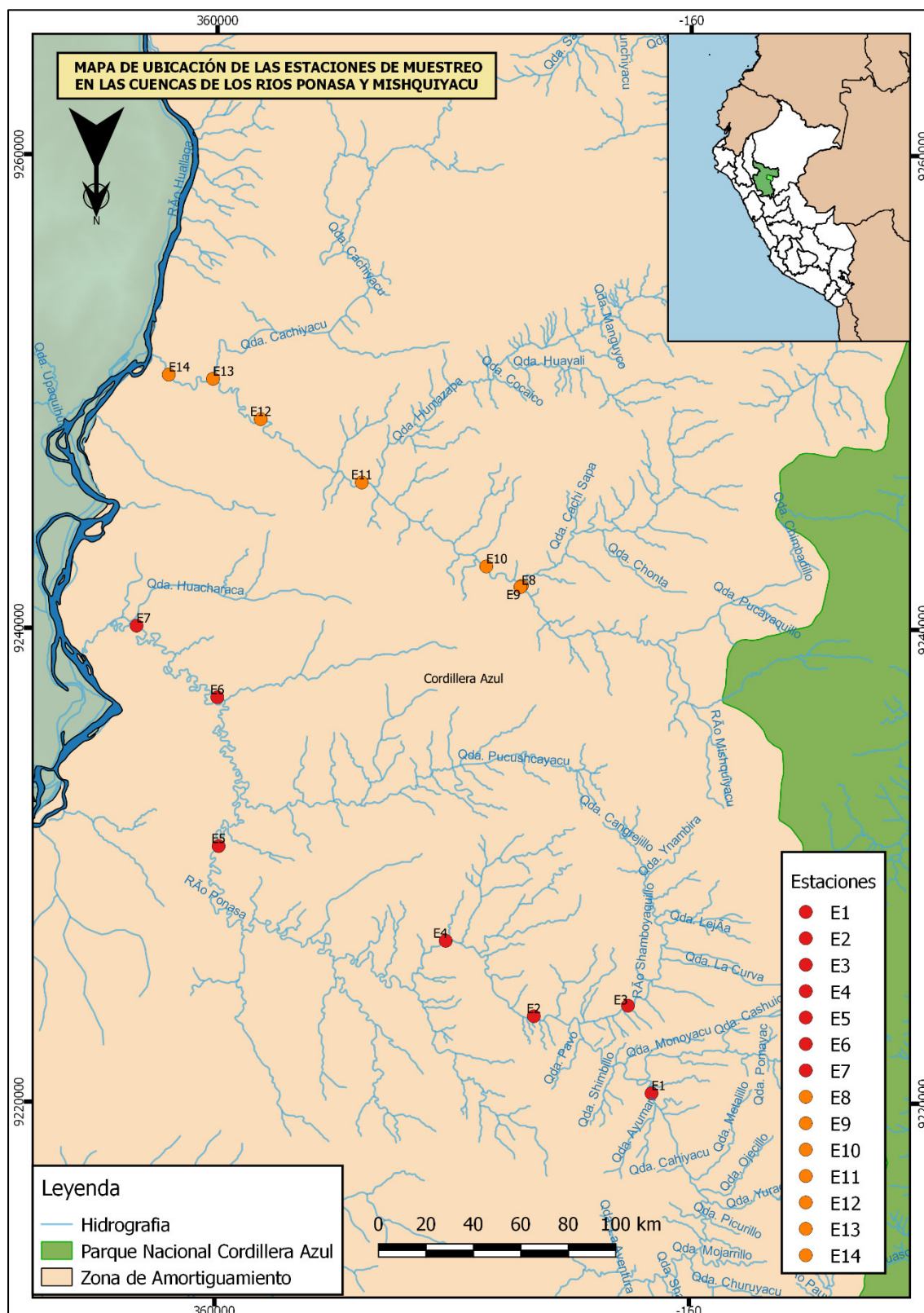
### 5.1.- Área de estudio

El área de estudio se localiza dentro de la ZA-PNCAZ, que corresponde a las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, tributarios de la cuenca del río Huallaga, pertenecientes a la Provincia de Picota, departamento de San Martín (Figura 1), que junto a otros ríos forma una red hídrica que alimentan las actividades económicas de algunos centros poblados en la zona.

La recolección de muestras biológicas se realizó del 12 al 16 de diciembre del 2017, correspondiente a la época de inicio de creciente. Se evaluaron 14 estaciones de muestreo (Tabla 1), siete de ellas pertenecieron al río Ponasa, conformado por el río principal y su afluente la quebrada Chambira (Anexo 1) y siete al río Mishquiyacu conformada por el río principal y su afluente, el río Garrapata (Anexo 2).

**Tabla 1.** Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu.

Cuenca	Estación	Altitud (msnm)	Latitud	Longitud	NOMBRE
Cuenca del río Ponasa	E1	338	-7.051450808	-76.10092287	río Ponasa
	E2	279	-7.022021533	-76.14584451	río Ponasa
	E3	330	-7.018010822	-76.10993279	Qda. Chambira
	E4	256	-6.99325032	-76.17947422	río Ponasa
	E5	232	-6.957085118	-76.26615515	río Ponasa
	E6	220	-6.900261486	-76.26661893	Río Ponasa
	E7	213	-6.872911746	-76.29745825	río Ponasa
Cuenca del río Mishquiyacu	E8	352	-6.857749336	-76.15047869	río Garrapata
	E9	361	-6.858191395	-76.15094126	río mishquiyacu
	E10	308	-6.850318616	-76.16398932	río Mishquiyacu
	E11	258	-6.818239526	-76.2114974	río Mishquiyacu
	E12	230	-6.79406624	-76.25007104	río Mishquiyacu
	E13	215	-6.778671453	-76.26828003	río Mishquiyacu
	E14	198	-6.777089573	-76.28517637	río Mishquiyacu



**Figura 1.** Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo, cuenca de los ríos Ponasa y Mishquiycu.

## **5.2.- Materiales**

### **5.2.1.- Material de Campo**

Equipos utilizados para la ubicación de los puntos de muestreo, mediante las coordenadas geográficas establecidas, obtención de parámetros fisicoquímicos, registro de información, colecta de peces y macroinvertebrados bentónicos; además sustancias químicas para la fijación y conservación de las muestras.

- Mapa del área de estudio
- Multiparámetro portátil (HANNA)
- GPS (GARMIN)
- Cámara fotográfica (CANON)
- Red de Arrastre (10x3 m y 5 x3 m con 5 mm de tamaño de malla)
- Red Surber con marco metálico de 30 x 30 cm.
- Alcohol 70° y formol 10%

### **5.2.2.- Material biológico**

Constituido por ejemplares de peces y macroinvertebrados bentónicos colectados en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, tributarios del río Huallaga, ubicado en el departamento de San Martín.

### **5.2.3.- Materiales para la fase de laboratorio**

Equipos y reactivos utilizados para la identificación y catalogación de los especímenes.

- Microscopio estereoscópico marca Beltec Scientific (hasta 3X de aumento).
- Calibrador digital Mitutoyo de 0.1 mm. de precisión
- Alcohol etílico al 70%.

## **5.3.- Metodología de Campo**

### **5.3.1.- Descripción física**

Se realizó la descripción física de los ambientes acuáticos evaluados, la cual consistió en la identificación del tipo de sustrato, tipo y color aparente del agua (blanca, clara o negra; según Sioli, 1984), transparencia, ancho, velocidad de la corriente, cobertura y tipo de vegetación ribereña, etc. Todas estas características permiten reflejar la manera en la que se encuentran estructurados los ambientes evaluados.

### **5.3.2.- Descripción limnológica**

Además se registraron los parámetros físico-químicos básicos, mediante el Multiparámetro portátil (Hanna) que midió la temperatura (°C), valores de pH, sólidos totales disueltos (STD) y conductividad eléctrica del agua (uS/cm), los cuales son indicativos para la distribución y diversidad de las especies, además define la calidad ambiental en la cual la biota acuática se desarrolla.

### **5.3.3.- Colecta de peces**

Los peces se colectaron utilizando redes de arrastre a la orilla de 10x3 m y 5x3 m (abertura de malla de 5 mm) y procurando que se desarrolle el mismo esfuerzo de captura en cada punto de muestreo, se realizó un máximo de cinco lances con la red de 10x3 m y un máximo de 10 lances con la red de 5x3 m.

En la elección del tramo a estudiar se procura la inclusión de todos los hábitats donde se distribuyen las especies de peces dominantes, sin descartar hábitats potenciales (p. ej., troncos sumergidos). Sin embargo, para garantizar una buena representatividad de la comunidad hay que respetar una superficie mínima de muestreo.

El largo del tramo se establece en función del ancho del río, siguiendo un criterio que debería ser como mínimo 10 veces el ancho promedio del curso de agua; a lo largo del tramo de estudio se pueden utilizar ambos tamaños de redes, la cual depende de la longitud y el ancho de la sección del tramo de estudio sobre la cual se realiza el arrastre (Ortega *et al.*, 2014).

Se colectaron 14 muestras, de los cuales siete pertenecen a la cuenca del río Ponasa y los otros siete a la cuenca del río Mishquiyacu. Los peces colectados fueron fotografiados en fresco e inmediatamente fijados en formol al 10% durante 48 horas (Ortega *et al.*, 2007). Posteriormente, fueron enjuagados con agua para poder eliminar el formol, envueltos en gasa humedecida en alcohol al 70% para su conservación.

### **5.3.4.- Colecta de macrobentos**

Se realizaron colectas de muestras compuestas por tipo de sustrato, con tres réplicas por cada uno, obteniendo una o dos muestras por estación, dependiendo de la cantidad de sustratos evaluados. Los tres tipos de sustratos fueron pedregoso, hojarasca y bancos vegetados.

*El sustrato pedregoso* esta compuesto por piedra, canto rodado y grava de diferentes dimensiones, principalmente en zonas de rápidos y corridas, localizados a mayores altitudes y cuya fauna presenta una serie de adaptaciones para no ser arrastrado por la corriente.

*El sustrato hojarasca* se caracteriza por la presencia de un conjunto de hojas que se acumulan en el lecho del río y que aun no han sido descompuestas, sirviendo como refugio para numerosas especies. La presencia de este sustrato a lo largo del río se localizó a mayores altitudes, en zonas de rápidos y corridas.

*El sustrato bancos vegetados* incluye las raíces de la vegetación ribereña, que se encuentra en contacto con el cuerpo de agua, siendo predominante en los puntos localizados a menores altitudes, en donde no se encontraron los sustratos pedregoso y hojarasca.

Las muestras fueron colectadas utilizando una red Surber, que consta de un marco metálico de 30 x 30 cm con un área de colecta de 900 cm<sup>2</sup> (Roldán *et al.* 1988) por cada sustrato y posteriormente fueron fijados con alcohol al 70%.

#### **5.4.- Metodología de Laboratorio**

##### **5.4.1.- Identificación de peces**

Para la identificación de las especies se consideraron aspectos morfológicos, morfométricos y merísticos, procurando identificar hasta el menor nivel taxonómico, para lo cual se utilizaron claves taxonómicas y descripciones detalladas sobre los principales grupos de peces continentales.

Entre las claves taxonómicas para la determinación de especies del orden Characiformes, Géry (1977) aporta al conocimiento sobre los Characiformes del mundo. Vari & Harold (2001) estudian los géneros *Creagrutus* y *Piabana* de la cuenca amazónica y Vari (1982 – 1995) sobre la sistemática de los peces neotropicales de la familia Curimatidae.

Trabajos similares referidos al orden Siluriformes se destaca en Isbrucker (1981) mediante la revisión del género *Loricaria*. Retzer & Page (1996) realizó la diagnosis y descripción de todas las especies válidas del género *Farlowella* y así varios autores aportaron en la diagnosis y descripción para otros grupos (Salcedo, 2006a; Salcedo, 2006b; Salcedo, 2011; Armbruster, 2003; Covain & Fisch-Muller, 2007).

Entre los trabajos taxonómicos relacionados al orden Gymnotiformes en América, Mago-Leccia (1984) describe nuevos géneros y especies de peces eléctricos, así como Albert (2001) aporta al conocimiento de la diversidad y distribución de las especies. Finalmente para la determinación de las especies del orden Cichliformes, Kullander (1986) aporta en la descripción de las especies, incluyendo su distribución en la cuenca amazónica del Perú.

La clasificación básica (órdenes y familias) se realizó de acuerdo con Ortega *et al.* (2012) y las actualizaciones sobre las especies, siguiendo la establecida por la Academia de Ciencias de California (Eschmeyer y Fong, 2017).

#### **5.4.2.- Composición y estructura de la ictiofauna**

Se elaboró una lista taxonómica que comprende: orden, familia, género y especie registrados para cada cuenca. Se determinó la riqueza (S) y abundancia (N) de las especies obtenidas en una misma estación de muestreo.

Para la estructura se utilizó la abundancia relativa, conformada por las especies dominantes; es decir, las que fueron frecuentes y abundantes en el área de estudio.

#### **5.4.3.- Identificación de macrobentos**

Se identificaron los macroinvertebrados con ayuda de revisiones bibliográficas referidos al campo de la taxonomía de invertebrados de agua dulce en América del Sur (Domínguez *et al.*, 2006; Domínguez y Fernández, 2009). Además, descripciones sobre la taxonomía del orden Odonata (Heckman, 2008) y Finalmente se utilizó la información sobre la identificación de insectos acuáticos de la Amazonía brasilera (Hamada *et al.*, 2014).

La identificación se realizó hasta el nivel de género, debido a la insuficiente información que generan las etapas inmaduras (larvas o ninfas) de los insectos, necesitándose características morfológicas de etapas adultos para llegar al nivel de especie (Lenat & Resh, 2001).

Posteriormente se separó de acuerdo a morfoespecies en los casos sean factibles, que es la separación de taxones en función de caracteres morfológicos que son fácilmente observables (Derraik *et al.*, 2002). Finalmente aquellos ejemplares de estadios tempranos o ejemplares incompletos se identificaron hasta el menor nivel taxonómico.

La separación en morfoespecies se realizó mediante la búsqueda de claves en libros y artículos publicados referidos a cada uno de los géneros, con el fin de tener conocimiento sobre los caracteres a tomar en cuenta para la separación, entre los cuales esta la información detallada sobre la taxonomía del orden Ephemeroptera en América del Sur (Dominguez *et al.*, 2006), además la contribución al conocimiento de las etapas larvales del género *Smicridea* en Sudamérica (Sganga & Fontanarrosa, 2006). Por otro lado, Ferreira & Gorayeb (2014) muestran la descripción de algunas especies del género *Anacroneuria* en la Amazonía brasilera. Finalmente para la familia Elmidae se utilizó el trabajo sobre la revisión de la subfamilia Larainae, con la descripción de nueve especies (Maier, 2013).



#### **5.4.4. Composición y estructura del macrobentos**

Se elaboró una lista taxonómica que comprende: orden, familia y morfoespecie registrados para cada cuenca. Asimismo, se determinó la riqueza (S) y abundancia (N) de morfoespecies para las estaciones del área de estudio.

La estructura se determinó de acuerdo a la dominancia de morfoespecies en todo el estudio.

##### *5.4.4.1.- Macrobentos en relación al sustrato*

Posteriormente se realizó el análisis de los organismos del bentos con los diferentes tipos de sustratos de los cuales se colectaron las muestras, mediante el análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), que explora la similaridad a partir de las abundancias y agrupa o separa los sustratos en base al grado de similitud. Para confirmar si los análisis gráficos fueron estadísticamente diferentes, se realizó un análisis de similitudes (ANOSIM). La prueba ANOSIM genera un estadístico R, que es una medida de similitud entre los grupos a evaluar. Los valores cercanos a 1 sugieren menor similitud entre los grupos, por otro lado, los valores cercanos a 0 sugieren mayor similitud. Ambos métodos complementan la visualización de las diferencias grupales con las pruebas de significación, estos análisis se realizaron en el programa PRIMER 6 con PERMANOVA+.

#### **5.5. Análisis de datos**

##### 5.5.1 Diversidad alfa

###### *a) Índices de diversidad*

Los resultados obtenidos nos permiten hacer la medición de la diversidad alfa dentro de la comunidad, mediante la aplicación de los índices comunitarios obtenidos del paquete estadístico PRIMER 6 con PERMANOVA+.

- **Riqueza específica (S)**

Representada por número total de especies por estación de muestreo.

- **Índice de Shannon-Wiener (H')**

Asume que todas las especies están representadas en las muestras; además qué tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas, varía entre 0 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a ese rango se consideran bajos en diversidad y valores superiores, altos en diversidad de especies (Magurran, 2004).

$$H' = - \sum p_i * \log_2 p_i$$

Donde:  $p_i = n_i / N$  abundancia proporcional de una especie

$n_i$ : # de individuos de la especie  $i$ .

$N$ : # total de individuos de todas las especies

- **Índice de Equidad de Pielou (J')**

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1. Donde valores superiores a 0,8 sugieren una comunidad con distribución homogénea y valores inferiores a 0,8 sugiere la dominancia de especies (Magurran, 2004).

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde:

$H'_{\max} = \log_2 (S)$

S: riqueza de especies

H: índice de Shannon-Wiener

- **Índice de Dominancia de Simpson (1-D)**

Muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 2004)

$$D = 1 - \sum (p_i)^2$$

$$p_i = n_i / N$$

Donde:

$n_i$ : número de individuos de la especie  $i$ .

$N$ : número total de individuos de todas las especies.

#### *b) Curva de acumulación*

Para establecer si el muestreo fue representativo y comparar la riqueza observada con la estimada para ambas cuencas, se utilizaron estimadores no-paramétricos, que son algoritmos que emplean proporciones de especies raras (especies que solo cuentan con uno o dos individuos respectivamente en todo el área de estudio y especies que aparecen en una o dos muestras, independiente del número de individuos que presenten cada una de ellas), por lo que se tiene el supuesto de que cuantas más especies raras haya, mayor será el número de especies que quedan por aparecer en el área de estudio (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

En el presente trabajo se utilizaron estimadores paramétricos basados en la abundancia (Chao 1) y estimadores basados en la incidencia, que se puede aplicar a los datos de presencia y ausencia (Chao 2, Jackknife 1) (Rajakaruna *et al.*, 2016), empleando el programa EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2013).

#### 5.5.2 Diversidad beta

La diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (Whittaker, 1972), se puede analizar a través de métodos de clasificación o de ordenación, los cuales se basan en análisis de matrices ya sea a partir de datos cualitativos o cuantitativos (Umaña *et al.*, 2004).

De esta forma, se calculó la diversidad beta usando el análisis Clúster (método de ordenación y clasificación), que busca agrupar elementos en base a la abundancia de las especies. El análisis de agrupamiento se realizó aplicando el índice de Similitud Bray-Curtis, donde previamente se realizó la transformación logarítmica de las abundancias para normalizar los datos. El análisis clúster fue realizado en el programa PRIMER 6 con PERMANOVA+.

### 5.5.3 Determinación del estado de conservación de los hábitats acuáticos

#### 5.5.3.1. Índices bióticos

- a) Índice de integridad biológica (IBI):** El modelo evalúa la condición de cuerpos de agua, basado en la comunidad de peces y adaptado para los hábitats amazónicos del Perú (Ortega *et al.*, 2007).

En este índice los criterios a ser evaluados se agrupan en tres categorías: riqueza y composición de especies, ecología trófica (Anexo 4) y, condición y abundancia de los peces (Tabla 2). Finalmente los datos se obtienen de la lista de peces que presenta cada estación de muestreo.

**Tabla 2.** Categorías y criterios establecidos en el modelo del IBI (Ortega *et al.*, 2007).

CATEGORÍAS	MEDIDAS	CRITERIOS	Bajo	Medio	Alto
<b>Riqueza y composición de especies</b>	1	N° de especies	1	3	5
	2	Characiformes	1	3	5
	3	Siluriformes	1	3	5
	4	Gymnotiformes	1	3	5
	5	Otros	1	3	5
	6	Tolerantes	1	3	5
<b>Composición trófica de las especies</b>	7	Omnívoros	1	3	5
	8	Detritívoros	1	3	5
	9	Carnívoros	1	3	5
<b>Abundancia y condición de los peces</b>	10	N° Individuos	1	3	5
	11	Saludables	1	3	5
	12	Lesionados	1	3	5

El puntaje puede ser 1 (condición no deseable), 3 (condición regular) y 5 es el máximo (condición deseable). Cada estación puede alcanzar los 12 puntos indicando que el cuerpo de agua está muy impactado y hasta 60 para cuerpos de agua con excelentes condiciones.

En el presente trabajo se siguió la propuesta de Meza (2014), quien realizó una modificación, dividiendo en cuatro en vez de cinco los rangos de calificación para ser factible la comparación con el SVAP (Tabla 3).

**Tabla 3.** Calificación modificada del estado de conservación de los cuerpos de agua, IBI (Meza, 2014).

CALIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN	RANGO DE VALORES
Pobre	12-24
Regular	25-36
Bueno	37-48
Excelente	49-60

- b) **Índice biológico adaptado para Colombia (por sus siglas en inglés BMWP/Col):** Evalúa la calidad del agua usando los macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos, requiriendo llegar hasta el nivel de familia. La puntuación va de 1 a 10 basándose en la tolerancia a la contaminación orgánica de las familias (Tabla 4).

**Tabla 4.** Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col (Roldan, 2003).

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,	2
Tubificidae	1

La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP/Col, asignándoles una calificación. Cuanto mayor sea la puntuación final, menor será el grado de contaminación del cuerpo de agua Finalmente se le puede asignar un color de acuerdo a la calificación, para posteriormente ser marcados en el mapa de la zona estudiada (Tabla 5).

**Tabla 5.** Clases de calidad de agua de acuerdo a los valores BMWP/Col (Roldan, 2003).

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>150 101-120	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

c) **Índice EPT (%)**: se calcula basándose en la suma de las abundancias relativas en la muestra de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, en comparación con el número total de individuos en la muestra. Cuanto mayor sea la abundancia relativa de esos taxones en la muestra, mejor será la condición de los cuerpos de agua en el sitio. Este índice se centra en el hecho de que la mayoría de los organismos en estos tres órdenes son sensibles a la disminución del oxígeno disuelto y la contaminación orgánica (Carrera y Fierro, 2001) (Tabla 6).

**Tabla 6.** Valores y calidad de agua según el índice EPT (Carrera y Fierro, 2001)

EPT (%)	CALIDAD
75 - 100%	Muy buena
50 - 74%	Buena
25 - 49%	Regular
0 - 24%	Mala

### 5.5.3.2 Evaluación Visual de Cursos (SVAP)

La calidad de los hábitats se evaluó utilizando la metodología SVAP (Newton *et al*, 1998) basado principalmente en las características físicas encontradas en las estaciones evaluadas. La primera adaptación para ríos en Perú fue aplicada por Oyague (2006). Consiste en la evaluación de 12 criterios (Anexo 5), cada criterio se puntúa con un valor de 0 a 10, dependiendo de la intensidad que presenta cada criterio.

La puntuación de cada criterio se suma y se divide entre el total de los criterios evaluados (12), esto se realiza para cada estación de muestreo (Tabla 7). Finalmente se obtiene la calificación de conservación de acuerdo a los rangos (Tabla 8).

**Tabla 7.** Criterios de evaluación del SVAP (Oyague, 2006).

Medida	Criterios	Puntaje
1	Zona ribereña	
2	Estabilidad de la orilla	
3	Apariencia del agua	
4	Condición del canal	
5	Enriquecimiento de nutrientes	
6	Barreras para el movimiento de peces	
7	Pozas	
8	Cobertura de peces	
9	Comunidad de invertebrados acuáticos	
10	Hábitat de macroinvertebrados	
11	Presencia de estiércol	
12	Presencia de basura	

**Tabla 8.** Clasificación del estado de conservación de los ambientes acuáticos (Newton *et. al*, 1998)

Clasificación	Valores
Pobre	< 6.0
Regular	6.1-7.4
Bueno	7.5-8.9
Excelente	> 9.0

## VI. RESULTADOS

### 6.1.- Descripción física y limnológica de los ambientes acuáticos

#### 6.1.1. Descripción física

Se observaron que las estaciones en ambas cuencas mostraron predominancia del tipo de agua blanca, pero diferencias evidentes con respecto al gradiente altitudinal, caracterizados por distintos microhábitat: ambientes lóticos con orillas arenosas o pedregosas; así como ambientes con sustrato pedregoso o areno-fangoso (tabla 9 y 10; Anexo 6).

**Tabla 9.** Descripción del hábitat físico de los cuerpos de agua evaluados en la cuenca del río Ponasa.

Nombre	Cuenca del río Ponasa	
	río Ponasa	Quebrada Chambira
Estaciones de muestreo	6(E1, E2, E4, E5, E6 y E7)	E3
Tipo de agua	blanca	blanca
Color aparente del agua	marrón oscuro	marrón claro
Transparencia (cm)	2-10	40
Ancho del cauce(m)	16-30	6
Sustrato	>altitud (dominancia de piedra y canto rodado)	piedra y arena
	<altitud (dominancia de arena y fango)	
Velocidad de corriente	>altitud (moderada-fuerte)	moderada-lenta
	<altitud (moderada-lenta)	
Cobertura de vegetación ribereña	0-50 %	20-80 %
Composición de la orilla	>altitud (rocosa)	Pedregosa-arenosa
	<altitud (arenosa-fangosa)	
Tipo de vegetación ribereña	Primaria y secundaria	primaria y secundaria
	<altitud (cultivo de plátano)	



**Tabla 10.** Descripción del hábitat físico de los cuerpos de agua evaluados en la cuenca del río Mishquiyacu.

	<b>Cuenca del río Mishquiyacu</b>	
<b>Nombre</b>	<b>río Mishquiyacu</b>	<b>río Garrapata</b>
<b>Estaciones de muestreo</b>	6(E9, E10, E11, E12, E13 y E14)	E8
<b>Tipo de agua</b>	blanca	clara
<b>Color aparente del agua</b>	marrón oscuro	verdoso claro
<b>Transparencia (cm)</b>	2-15	35
<b>Ancho del cauce(m)</b>	12-50	7
<b>Sustrato</b>	>altitud (dominancia de piedra y canto rodado)	piedra, roca, arena, canto rodado
	<altitud (dominancia de arena y fango)	
<b>Velocidad de corriente</b>	>altitud (moderada-fuerte)	moderada-fuerte
	<altitud (moderada-lenta)	
<b>Cobertura de vegetación ribereña</b>	0-90 %	50-70 %
<b>Composición de la orilla</b>	>altitud (rocosa)	rocosa
	<altitud (arenosa-fangosa)	
<b>Tipo de vegetación ribereña</b>	Primaria y secundaria	primaria y secundaria
	<altitud (cultivo de plátano)	

### 6.1.2.- Descripción limnológica

#### Análisis por cuenca

En la cuenca del río Ponasa, la temperatura del agua varió de 24,4 a 28,5 °C; el pH, de 7,66 a 8,03; la conductividad, de 260 a 540 uS/cm y los sólidos disueltos totales, de 130 a 270 ppm (Tabla 11).

En la cuenca del río Mishquiyacu, la temperatura varió de 22,9 a 29,4 °C; el pH, de 7,91 a 8,40; la conductividad, de 300 a 3750 uS/cm y los sólidos disueltos totales, de 150 a 1880 ppm (Tabla 11).

**Tabla 11.** Parámetros fisicoquímicos evaluados en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu durante el mes de diciembre (2017).

CUENCA	ESTACIÓN	pH	T agua (°C)	CE (uS/cm)	TDS (ppm)
PONASA	E1	7,95	24,8	410	200
	E2	7,90	27,3	380	190
	E3	8,03	24,4	260	130
	E4	7,98	26,6	450	220
	E5	7,66	28,5	480	240
	E6	7,79	27,1	540	270
	E7	7,77	28,5	530	270
MISHQUIYACU	E8	8,4	22,9	400	200
	E9	8,25	25,2	300	150
	E10	8,40	25,0	360	180
	E11	8,31	26,0	310	160
	E12	7,98	25,0	300	150
	E13	7,91	26,2	320	160
	E14	8,05	29,4	3750	1880

## 6.2. Composición taxonómica, distribución y estructura de la ictiofauna y macrobentos

### 6.2.1.-Ictiofauna

#### 6.2.1.1. Composición taxonómica y riqueza

La ictiofauna registrada entre ambas cuencas está representada por 47 especies agrupadas en seis órdenes, 13 familias y 31 géneros (Tabla 13). Del total de especies, 46 fueron nativas y una especie introducida: *Poecilia reticulata*.

El Super orden Ostariophysi, conformado por los órdenes Characiformes, Siluriformes y Gymnotiformes fue el grupo dominante en riqueza, representando el 91,5% del total con 43 especies, agrupadas en 27 géneros y 10 familias. En cambio los No Ostariophysi, conformado por los órdenes Cyprinodontiformes, Cichliformes y Synbranchiformes, representó sólo el 8,5% de la riqueza total con cuatro especies, agrupadas en cuatro géneros y tres familias (Tabla 13).

Finalmente se presenta la composición taxonómica del área de estudio diferenciando a la cuenca del río Ponasa con 40 especies y la cuenca del río Mishquiyacu con 27 especies (Tabla 12).

**Tabla 12.** Lista taxonómica de la ictiofauna registrada en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.

ORDEN	FAMILIA	RÍO PONASA	RÍO MISHQUIYACU
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax abramis</i>	<i>Astyanax abramis</i>
		<i>Astyanax aff. fasciatus</i>	<i>Astyanax maximus</i>
		<i>Astyanax maximus</i>	<i>Creagrutus flavescens</i>
		<i>Creagrutus barrigai</i>	<i>Creagrutus ortegai</i>
		<i>Creagrutus flavescens</i>	<i>Galeocharax sp.</i>
		<i>Creagrutus ortegai</i>	<i>Knodus hypopterus</i>
		<i>Knodus smithi</i>	<i>Knodus megalops</i>
		<i>Knodus hypopterus</i>	<i>Knodus orteguasae</i>
		<i>Knodus megalops</i>	<i>Knodus victoriae</i>
		<i>Knodus orteguasae</i>	<i>Odontostilbe ecuadorensis</i>
		<i>Knodus victoriae</i>	<i>Odontostilbe sp. 1</i>
		<i>Odontostilbe sp. 1</i>	<i>Odontostilbe sp. 2</i>
		<i>Odontostilbe sp. 2</i>	<i>Steindachnerina dobula</i>
		<i>Leptagoniates steindachneri</i>	
		<i>Paragoniates alburnus</i>	
		<i>Prodontocharax melanotus</i>	
		<i>Scopaeocharax atopodus</i>	
	Crenuchidae	<i>Characidium aff. zebra</i>	<i>Characidium aff. zebra</i>
	Parodontidae	<i>Parodon buckleyi</i>	
		<i>Parodon pongoensis</i>	
	Curimatidae	<i>Steindachnerina dobula</i>	<i>Curimata aspera</i>
Siluriformes	Loricariidae	<i>Ancistrus sp. 1</i>	<i>Ancistrus sp. 2</i>
		<i>Ancistrus sp. 2</i>	<i>Chaetostoma lineopunctatum</i>
		<i>Chaetostoma lineopunctatum</i>	<i>Rineloricaria lanceolata</i>
		<i>Chaetostoma breve</i>	<i>Hypostomus sp.</i>
		<i>Chaetostoma sp.</i>	<i>Hypostomus hemicochliodon</i>
		<i>Farlowella smithi</i>	
		<i>Hypostomus sp.</i>	
		<i>Loricaria aff. cataphracta</i>	
		<i>Rineloricaria lanceolata</i>	
	Heptapteridae	<i>Imparfinis longicaudus</i>	<i>Pimelodella aff. gracilis</i>
		<i>Pimelodella aff. gracilis</i>	<i>Pimelodella sp.</i>
			<i>Rhamdia quelen</i>
	Pimelodidae	<i>Pimelodus ornatus</i>	
	Auchenipteridae	<i>Centromochlus perugiae</i>	
	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus aff. taczanowskii</i>	<i>Pseudostegophilus nemurus</i>
Cichliformes	Cichlidae	<i>Bujurquina huallagae</i>	<i>Bujurquina huallagae</i>
		<i>Crenicichla sedentaria</i>	
Gymnotiformes	Sternopygidae	<i>Sternopygus macrurus</i>	<i>Sternopygus macrurus</i>
Synbranchiformes	Synbranchidae	<i>Synbranchus marmoratus</i>	
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poecilia reticulata</i>
<b>N° de especies</b>		40	27

**Tabla 13.** Riqueza de los órdenes, familias, géneros y especies de la ictiofauna en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.

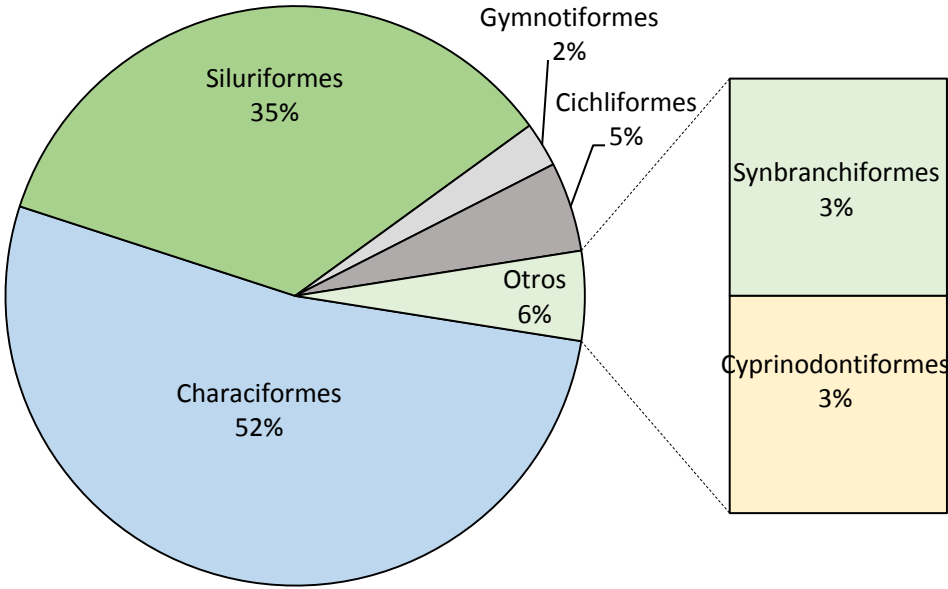
SUBORDEN	ORDEN	FAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES
<b>Ostariophysi</b>	Characiformes	4	13	24
	Siluriformes	5	13	18
	Gymnotiformes	1	1	1
<b>No Ostariophysi</b>	Cichliformes	1	2	2
	Synbranchiformes	1	1	1
	Cyprinodontiformes	1	1	1
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>31</b>	<b>47</b>

#### 6.2.1.2.- Riqueza y abundancia por cuencas

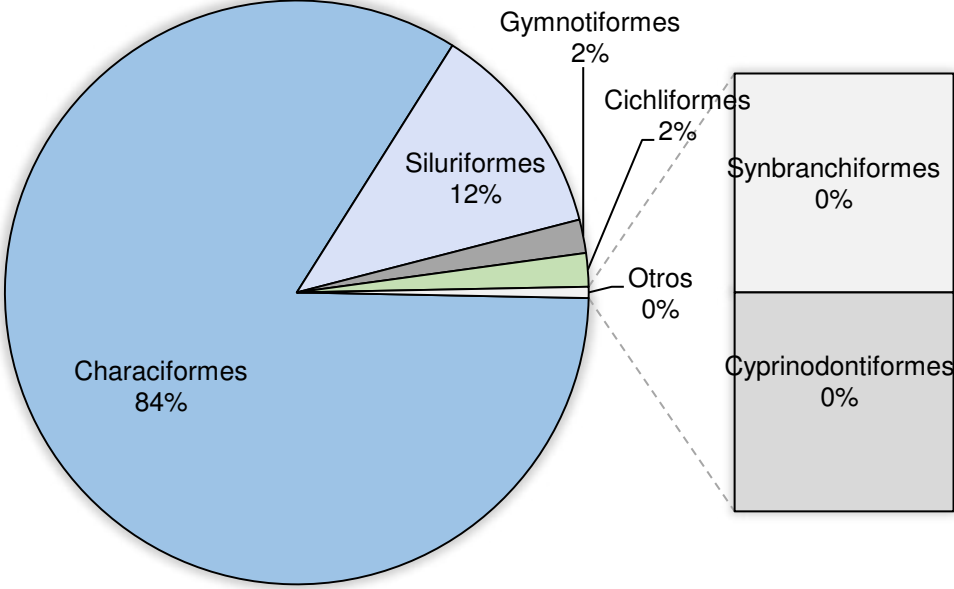
##### a) Cuenca del río Ponasa

Se identificaron 40 especies y 324 individuos agrupados en seis órdenes, 13 familias y 27 géneros, (Anexo 7). Los órdenes Characiformes y Siluriformes fueron los más representativos con 21 y 14 especies respectivamente, representando mas del 80% de la riqueza total, seguido por Cichliformes con dos especies y finalmente los órdenes Gymnotiformes, Synbranchiformes con una especie cada uno (Figura 2).

Los Characiformes presentaron la mayor abundancia con 271 individuos, seguido por los órdenes Siluriformes con 39 individuos; mientras que los cuatro órdenes restantes representaron juntos sólo el 4% del total con 14 individuos (Figura 3).



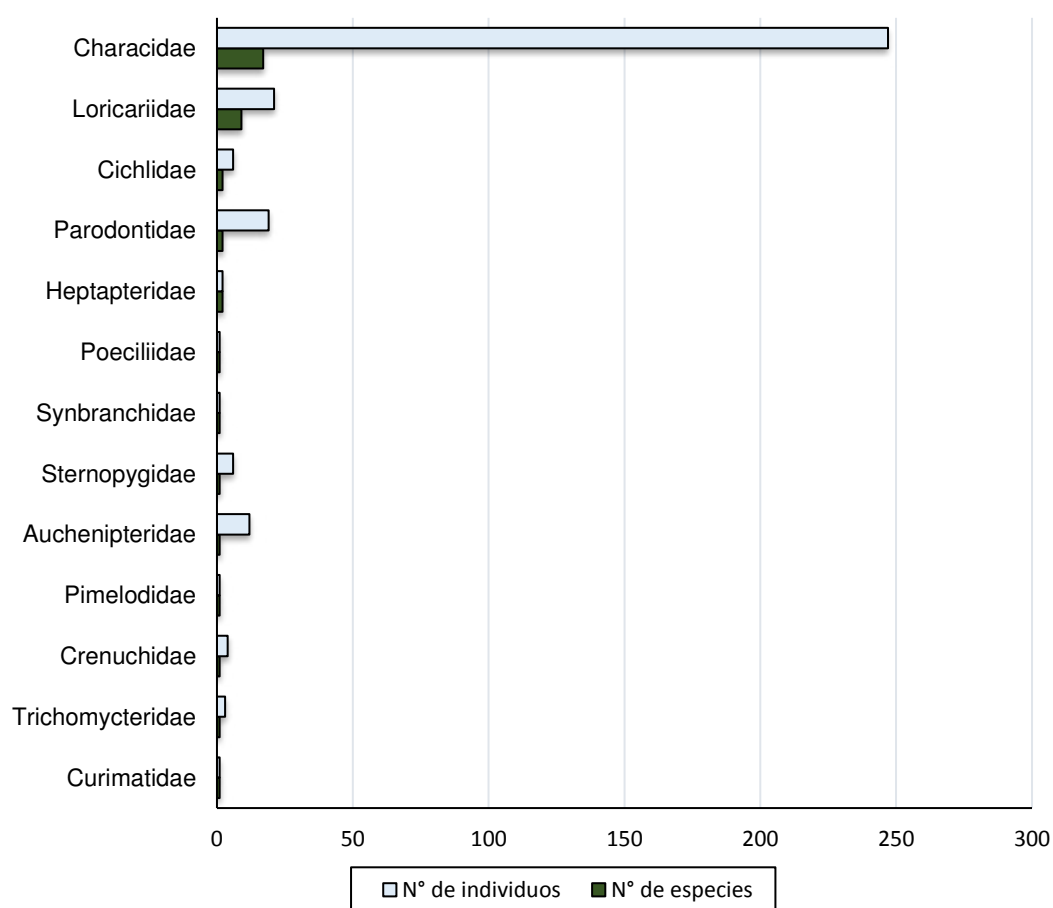
**Figura 2.** Riqueza por órdenes en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.



**Figura 3.** Abundancia por órdenes en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

De las 13 familias identificadas, el 65% de las especies están representadas en las familias Characidae y Loricariidae con 17 (42,5%) y 9 (22,5%) especies respectivamente; mientras que las 11 familias restantes representaron en conjunto el 35% de la riqueza total, indicando la baja representatividad de estas familias en la cuenca, como Heptapteridae, Parodontidae y Cichlidae con dos especies cada una (Figura 4).

Con respecto a la abundancia, de los 324 individuos, se evidenció el mayor predominio de la familia Characidae representando el 76,2% del total con 247 individuos, seguido por Loricariidae con 21 individuos (6,5%), Parodontidae con 19 individuos (5,9%), Auchenipteridae con 12 individuos (3,7%). Por último, las nueve restantes familias representaron el 7,7% del total con 25 individuos (Figura 4).

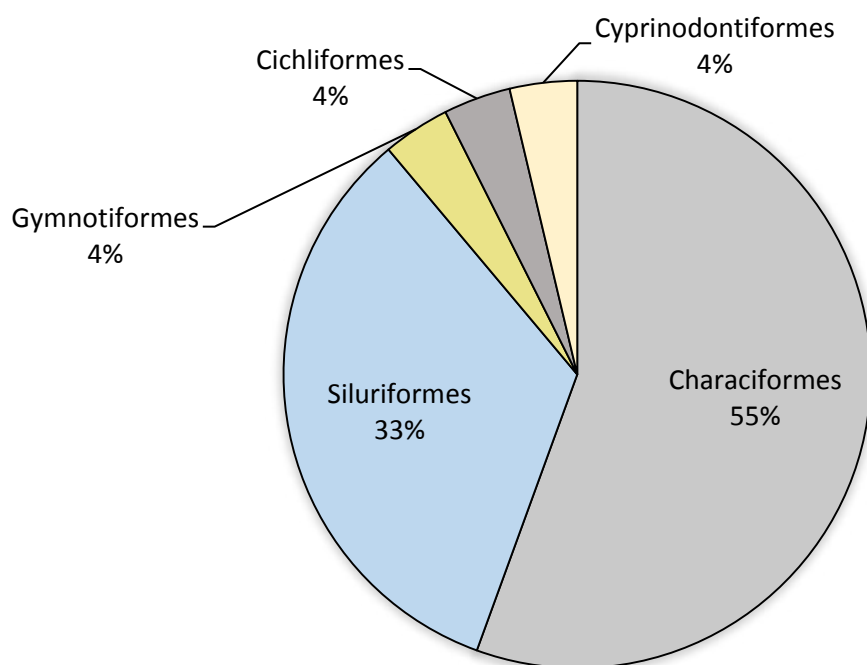


**Figura 4.** Riqueza y abundancia por familias en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

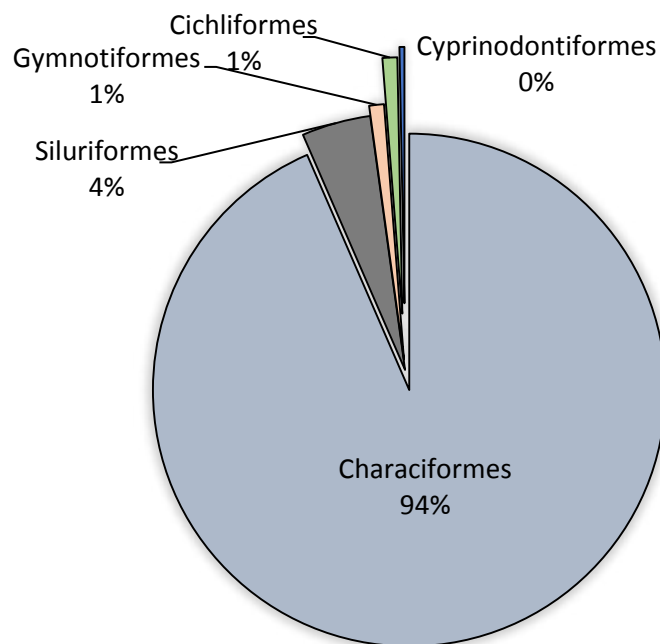
## b) Cuenca del río Mishquiyacu

Se identificaron 27 especies y 322 individuos, agrupados en 18 géneros, nueve familias y cinco órdenes (Anexo 8). Donde los órdenes Characiformes y Siluriformes continuaron siendo los más representativos con 15 y 9 especies respectivamente, representando mas del 80% de la riqueza total, mientras que los órdenes restantes Gymnotiformes, Cichliformes y Cyprinodontiformes juntos representaron sólo el 11% con 3 especies en total (Figura 5).

El orden con mayor abundancia continuó siendo Characiformes con 301 individuos representando más del 90% de la abundancia total, seguido por Siluriformes con 14 individuos, mientras que los órdenes Gymnotiformes, Cichliformes y Cyprinodontiformes registraron las menores abundancias con siete (2%) (Figura 6)



**Figura 5.** Riqueza por órdenes en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

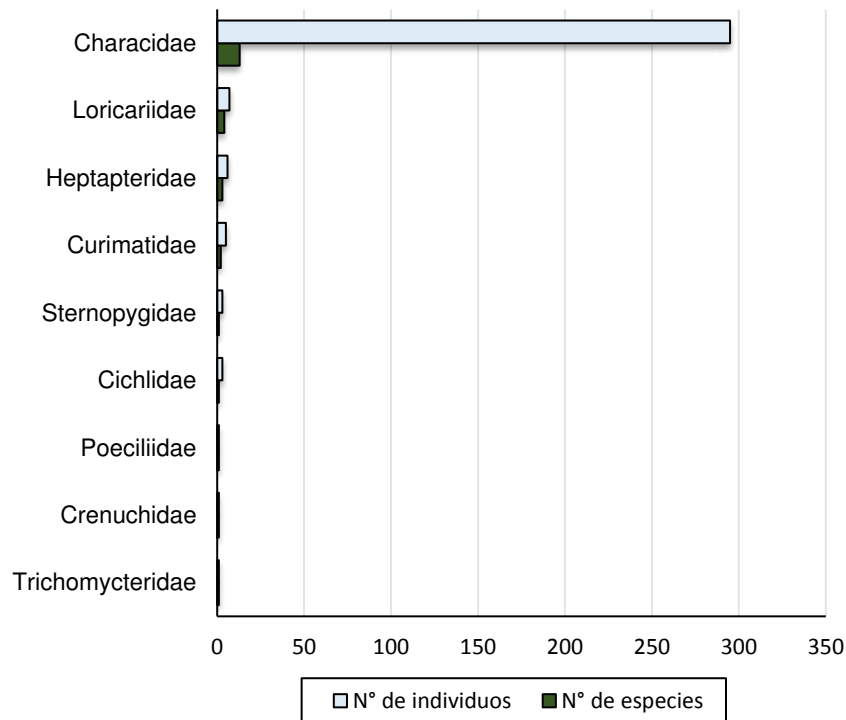


**Figura 6.** Abundancia por órdenes en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

De las 9 familias identificadas, Characidae y Loricariidae continuaron siendo las familias con mayor representatividad con el 63% de la riqueza total, registrándose 13 (48,1%) y 4 (14,8%) especies respectivamente; mientras que las 7 familias restantes representaron en conjunto el 37% de la riqueza total, indicando la baja representatividad de estas familias en la cuenca, conformados por Heptapteridae y Curimatidae con tres y dos especies respectivamente, y las cinco restantes familias con una especie cada uno (Figura 7).

Con respecto a la abundancia, de los 322 individuos, se evidenció la dominancia de la familia Characidae, representando el 91,6% del total con 295 individuos, seguido por Loricariidae con 7 individuos (2,2%), Heptapteridae con 6 individuos (1,9%). Finalmente, las seis familias restantes representaron el 4,3% del total con 14 individuos (Figura 7).

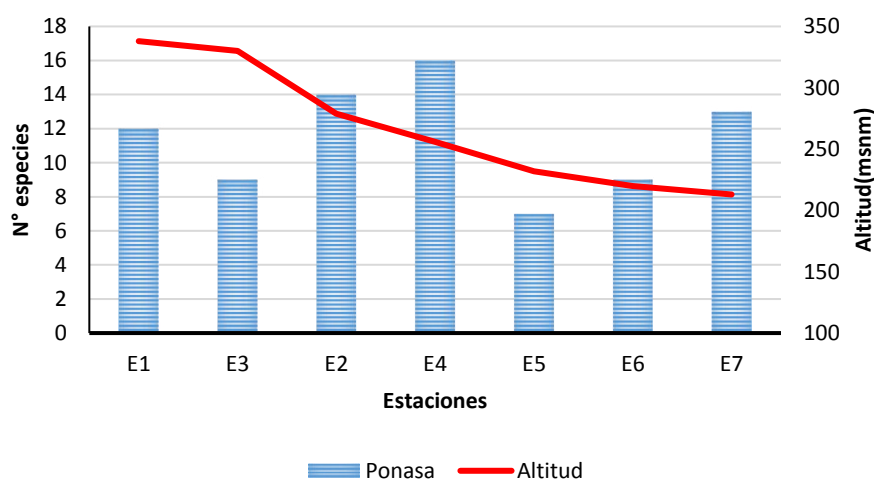




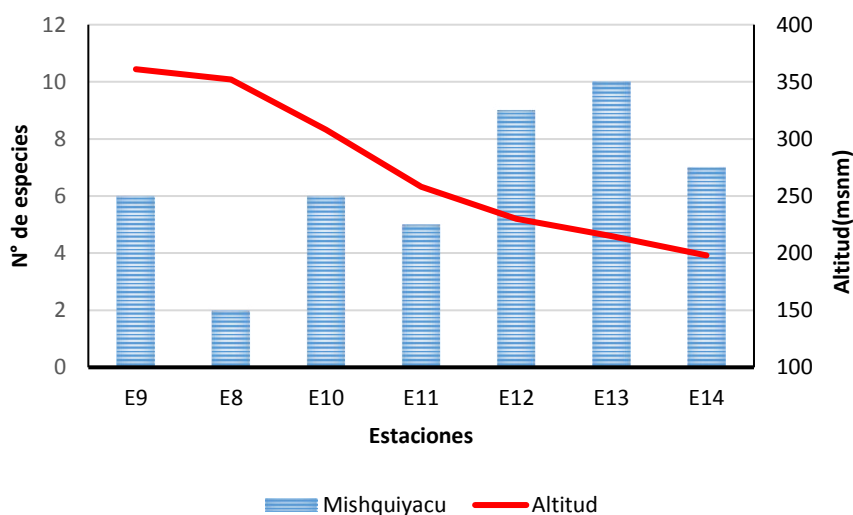
**Figura 7.** Riqueza y abundancia por familias en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

#### 6.2.1.3 Distribución de las especies en el gradiente altitudinal por cuencas

La información de la diversidad de peces proporciona importante conocimiento sobre la riqueza específica de los ambientes acuáticos y sobre su distribución en el gradiente altitudinal. En la cuenca del río Ponasa se observó una disminución de la riqueza de especies en ambientes acuáticos a mayor altitud (estaciones E1 y E3) (Figura 8), con excepción de las estaciones E5 y E6 ubicadas a menores elevaciones. De igual forma en la cuenca el río Mishquiyacu se observó una tendencia de disminución de las especies en ambientes acuáticos que se encuentran a mayores altitudes (Estaciones E8 y E9) con excepción de la estación E14 (Figura 9).



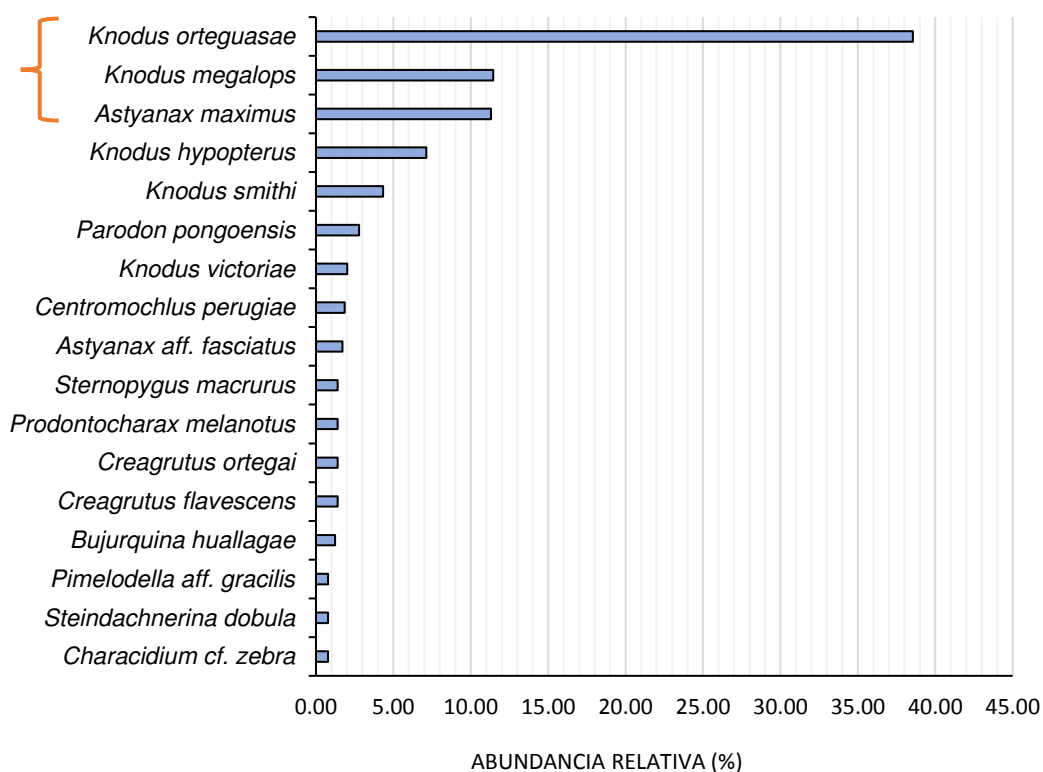
**Figura 8.** Riqueza de especies en el gradiente altitudinal de la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.



**Figura 9.** Riqueza de especies en el gradiente altitudinal de la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

#### 6.2.1.4.- Estructura comunitaria

En el área de estudio, de las 47 especies identificadas, la especie que dominó fue *Knodus orteguasae*, representando el 38,5% de la abundancia total con 249 individuos, en segundo lugar se registraron a *Knodus megalops* y *Astyanax maximus* con el 11% cada uno. Estas especies mostraron abundancias relativas (AR) mayores al 10% esto refleja que la abundancia del orden Characiformes se basa principalmente en estas tres especies (Figura 10).



**Figura 10.** Porcentaje de las principales especies en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.

## 6.2.2.- Macrobentos

### 6.2.2.1.- Composición taxonómica y Riqueza

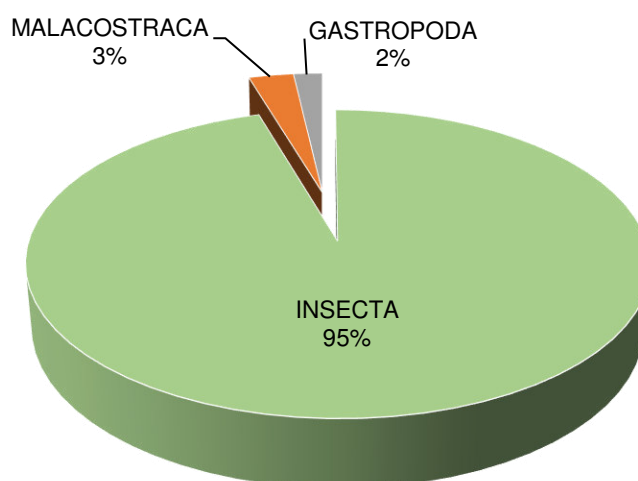
Los macrobentos registrados en ambas cuencas se encuentra representada por 109 morfoespecies, 92 géneros y 39 familias, agrupados en los siguientes órdenes de insectos acuáticos: Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Hemiptera, Lepidóptera, Megaloptera, Trichoptera, Diptera y Coleoptera; los cuales fueron dominantes con el 95,4% de la riqueza total; mientras que los macroinvertebrados no insectos: anfípodos, decápodos y gastrópodos, representaron sólo el 4,3% de la riqueza total (Tabla 14 y Figura 11).

**Tabla 14.** Lista taxonómica de macrobentos en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.

CLASE	ORDEN	ORDEN/FAMILIA	MORFOESPECIE
<b>INSECTA</b>	<b>EPHEMEROPTERA</b>	Baetidae	<i>Americabaetis</i> 1 <i>Baetodes</i> 1 <i>Baetodes</i> 2 <i>Caenis</i> 1 <i>Camelobaetidius</i> 1 <i>Guajirolus</i> 1 <i>Paracloeodes</i> 1 <i>Varipes</i> 1
		Leptohyphidae	<i>Allenhyphes</i> 1 <i>Haplohyphes</i> 1 <i>Leptohyphes</i> 1 <i>Leptohyphes</i> 2 <i>Tricorythodes</i> 1 <i>Tricorythodes</i> 2 <i>Yaurina</i> 1
		Leptophlebiidae	<i>Farrodes</i> 1 <i>Hydrosmilodon</i> 1 <i>Thraulodes</i> 1
		Oligoneuridae	<i>Euthyplocia</i> 1 <i>Lachlania</i> 1
	<b>ODONATA</b>	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i> 1 <i>Argia</i> 1
		Coenagrionidae	<i>Coenagrionidae</i> 1 <i>Coenagrionidae</i> 2 <i>Coenagrionidae</i> 3 <i>Coenagrionidae</i> 4
		Gomphidae	<i>Desmogomphus</i> 1 <i>Peruviogomphus</i> 1 <i>Phyllocycla</i> 1
		Libellulidae	<i>Elasmothermis</i> 1 <i>Perithemis</i> 1
		Polythoridae	<i>Polythore</i> 1
	<b>PLECOPTERA</b>	Perlidae	<i>Anacroneuria</i> 1 <i>Anacroneuria</i> 2 <i>Anacroneuria</i> 3 <i>Anacroneuria</i> 4
	<b>HEMIPTERA</b>	Naucoridae	<i>Cryphocricos</i> 1
			<i>Cryphocricos</i> 2 <i>Limnocoris</i> 1
		Pleidae	<i>Neoplea</i> 1
	<b>MEGALOPTERA</b>	Corydalidae	<i>Corydalus</i> 1
	<b>LEPIDOPTERA</b>	Crambidae	<i>Crambidae</i> 1
	<b>TRICHOPTERA</b>		



		Dolichopodidae Empididae Simuliidae Stratiomyidae  Tabanidae Tipulidae	<i>Stenochironomus</i> 1 <i>Tanytarsus</i> 1 <i>Dolichopodidae</i> 1 <i>Hemerodromia</i> 1 <i>Simulium</i> 1 <i>Stratiomyinae</i> 1 <i>Nemotelinae</i> 1 <i>Tabanidae</i> 1 <i>Hexatoma</i> 1 <i>Hexatoma</i> 2 <i>Limoniinae</i> 1
<b>MALACOSTRACA</b>	<b>AMPHIPODA</b>	Hyalellidae	<i>Hyalella</i> 1
	<b>DECAPODA</b>	Palaemonidae Trichodactylidae	<i>Macrobrachium</i> 1 <i>Trichodactylus</i> 1
<b>GASTROPODA</b>	<b>ARCHITAENIOGLOSSA</b>	Ampullariidae	<i>Asolene</i> 1
	<b>NEOTAENIOGLOSSA</b>	Thiaridae	<i>Melanoides</i> 1
<b>3</b>	<b>13</b>	<b>39</b>	<b>109</b>



**Figura 11.** Riqueza de morfoespecies por clase en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.

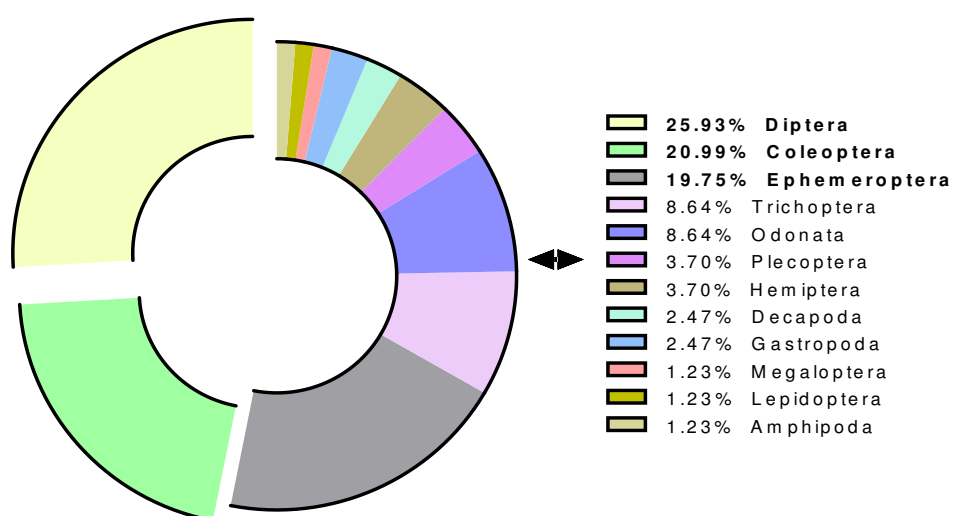
#### 6.2.2.2- Riqueza y abundancia por cuencas

##### a) Cuenca del río Ponasa

Se identificaron 81 morfoespecies y 1387 individuos, agrupados en 68 géneros, 33 familias y 13 órdenes (Anexo 9). Los órdenes más representativos fueron Diptera, Coleoptera y Ephemeroptera, con más del 60% de la riqueza total, mientras que los órdenes restantes registraron solo el 33,3 % del total de morfoespecies (Tabla 15 y Figura 12).

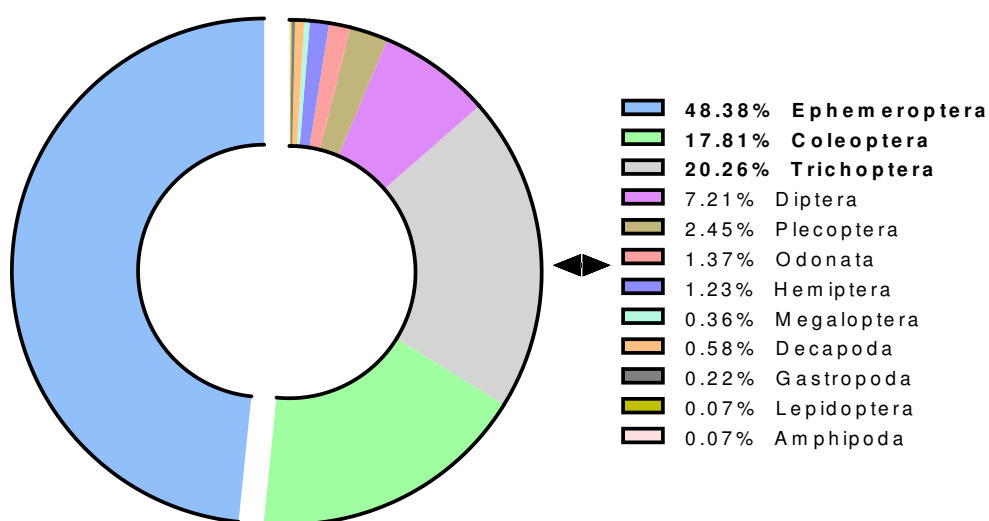
**Tabla 15.** Riqueza de los órdenes, familias, géneros y morfoespecies del macrobentos en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	MORFOESPECIE
INSECTA	Diptera	8	20	21
	Coleoptera	5	14	17
	Ephemeroptera	4	13	16
	Trichoptera	3	4	7
	Odonata	4	7	7
	Plecoptera	1	1	3
	Hemiptera	1	2	3
	Megaloptera	1	1	1
	Lepidoptera	1	1	1
MALACOSTRACA	Amphipoda	1	1	1
	Decapoda	2	2	2
GASTROPODA	Architaenioglossa	1	1	1
	Neotaenioglossa	1	1	1
<b>TOTAL</b>		<b>33</b>	<b>68</b>	<b>81</b>



**Figura 12.** Riqueza de morfoespecies por órdenes en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

Con respecto a la abundancia total, el orden Ephemeroptera tuvo la mayor representatividad con 671 individuos, con cerca del 50% del total, seguido por los órdenes Trichoptera y Coleoptera con 281 y 247 individuos respectivamente, mientras que el resto de grupos representaron juntos sólo el 13,6% de la abundancia total (Figura 13).

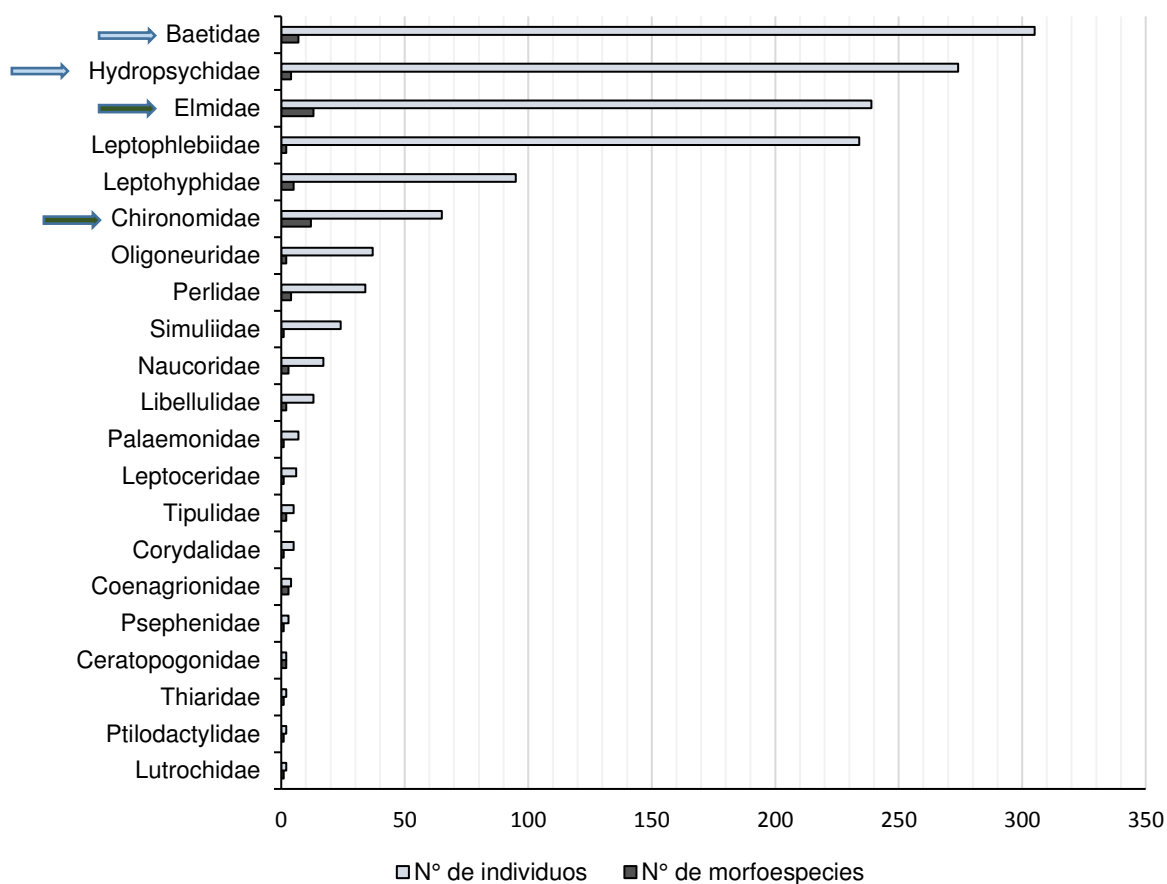


**Figura 13.** Abundancia por órdenes en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

De las 33 familias identificadas, la mayor riqueza fue observada dentro de las familias Elmidae y Chironomidae con 13 y 12 morfoespecies, representando el 16,3% y 14,8% de la riqueza total respectivamente, seguido por Baetidae con siete morfoespecies (8,8%); mientras que las 30 familias restantes representaron menos del 7% de la riqueza total cada una, indicando la baja representatividad de estas familias en la cuenca (Figura 14).

Con respecto a la abundancia, de los 1387 individuos, las familias Baetidae (305 individuos; 22%) e Hydropsychidae (274 individuos; 19,8%), representaron cerca del 50% del total, mostrando su predominancia en la cuenca. En cambio, en su mayoría las familias restantes representaron menos del 7% de la abundancia total (Figura 14).





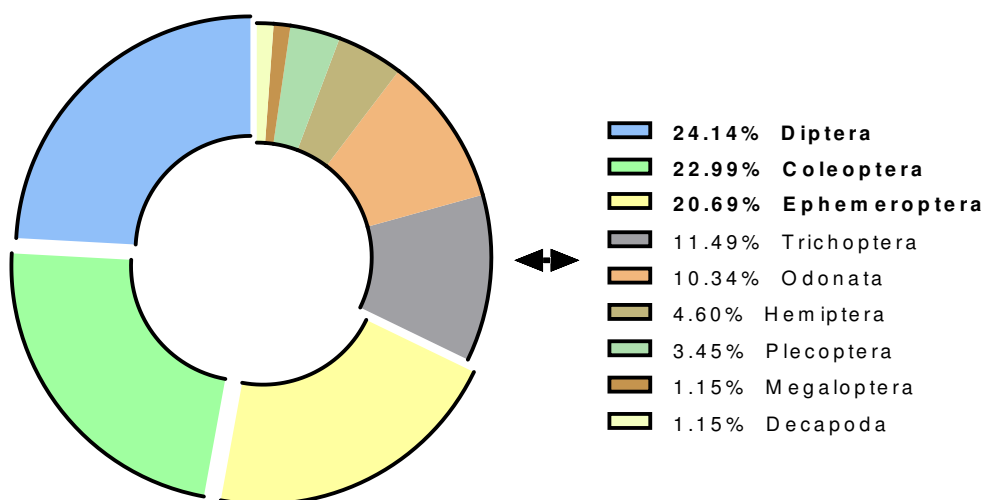
**Figura 14.** Riqueza y abundancia de las principales familias de macrobentos en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

#### b) Cuenca del río Mishquiyacu

Se identificaron 87 morfoespecies y 2726 individuos, agrupados en 72 géneros, 32 familias y nueve órdenes (Anexo 10). Donde los órdenes más representativos continuaron siendo Diptera, Coleoptera y Ephemeroptera, con el 67,8% de la riqueza total, mientras que los órdenes restantes registraron sólo el 32,2 % del total de morfoespecies (Tabla 16 y Figura 15).

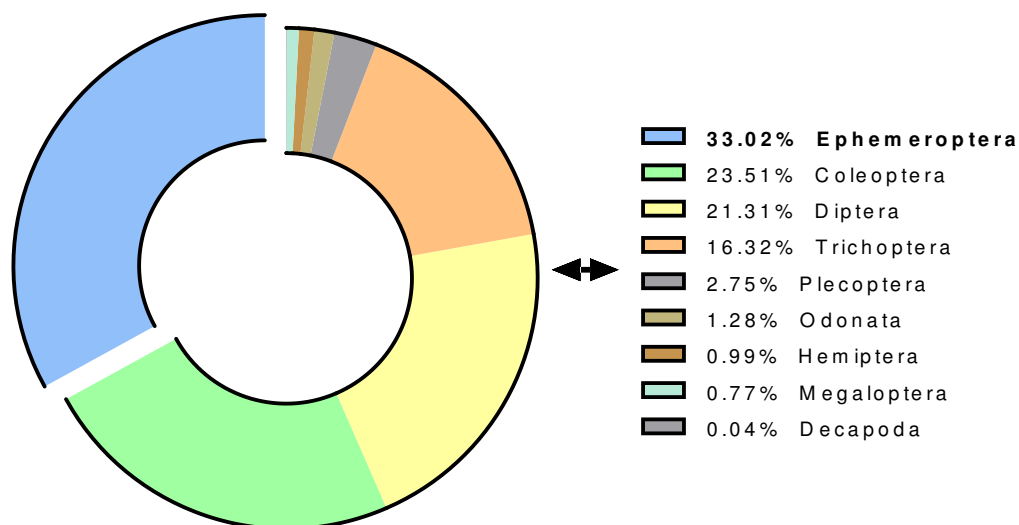
**Tabla 16.** Riqueza de los órdenes, familias, géneros y morfoespecies del macrobentos en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	MORFOESPECIE
INSECTA	Diptera	6	18	21
	Coleoptera	5	16	20
	Ephemeroptera	4	16	18
	Trichoptera	7	7	10
	Odonata	5	9	9
	Hemiptera	2	3	4
	Plecoptera	1	1	3
	Megaloptera	1	1	1
MALACOSTRACA	Decapoda	1	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>32</b>	<b>72</b>	<b>87</b>



**Figura 15.** Riqueza de morfoespecies por órdenes en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

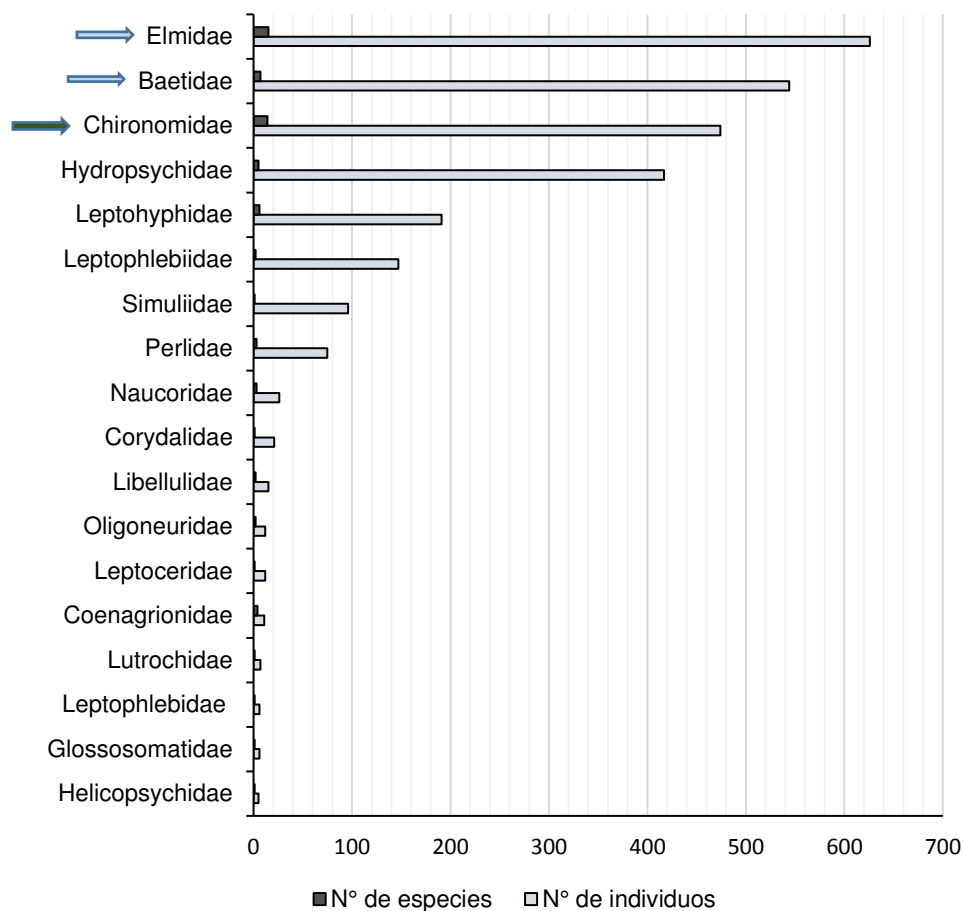
Con respecto a la abundancia total, el orden Ephemeroptera continuó siendo el de mayor representatividad con 900 individuos, representando el 33% de la abundancia total, seguido por Coleoptera y Diptera con 641 y 581 individuos respectivamente, mientras que el resto de órdenes representaron juntos sólo el 22,2% de la abundancia total (Figura 16).



**Figura 16.** Abundancia por órdenes en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

De las 32 familias identificadas, Elmidae y Chironomidae fueron dominantes, representando juntos el 33,3% de la riqueza total con 15 y 14 morfoespecies respectivamente, seguido por Baetidae con siete morfoespecies (8%); mientras que las 29 familias restantes representaron menos del 7% de la riqueza total cada una, indicando la baja representatividad de estas familias en la cuenca (Figura 17).

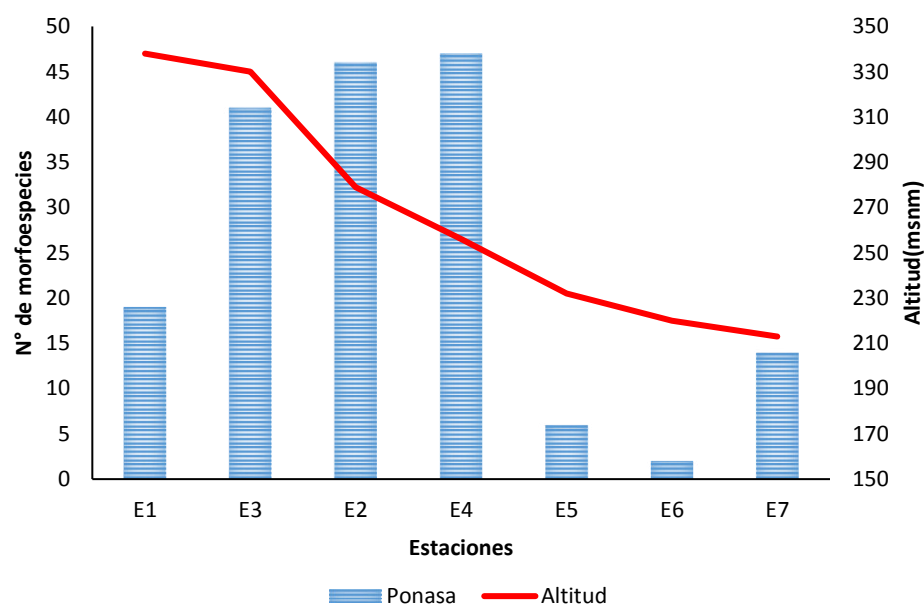
Con respecto a la abundancia, de los 2726 individuos, las familias Elmidae (626 individuos; 23%), Baetidae (544 individuos; 20%) y Chironomidae, representaron mas del 50% del total, mostrando su dominancia en la cuenca. En cambio, en su mayoría las familias restantes representaron menos del 7% de la abundancia total (Figura 17).



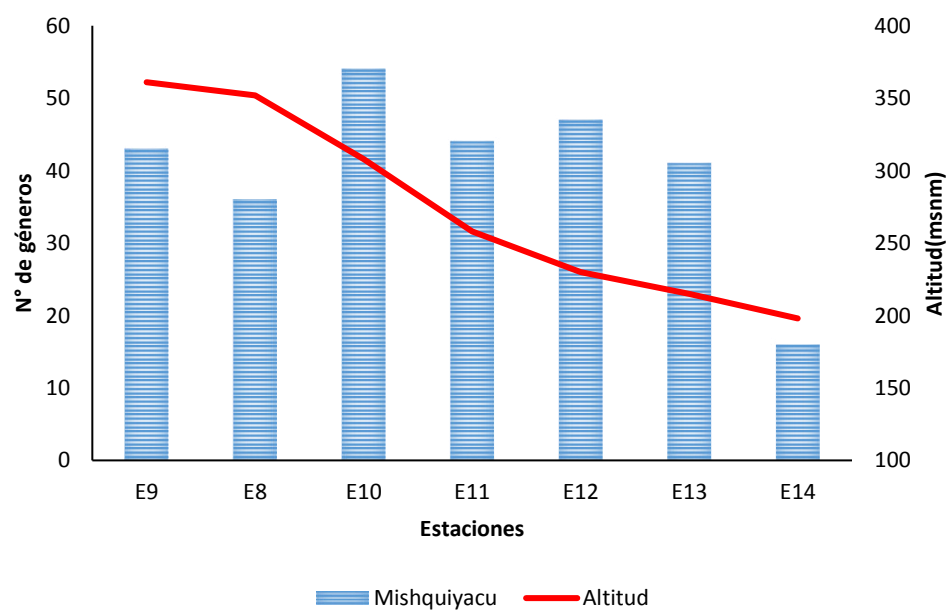
**Figura 17.** Riqueza y abundancia de las principales familias de macrobentos en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

#### 6.2.2.3- Distribución de las morfoespecies en el gradiente altitudinal por cuencas

En la cuenca del río Ponasa se observó una variabilidad de la riqueza de morfoespecies a través del gradiente altitudinal (Figura 18). Las estaciones ubicadas a menores elevaciones presentaron menor riqueza morfoespecífica (E5, E6 y E7). A partir de la estación E4, se registró mayor riqueza junto con la estación E2. Finalmente, en las estaciones de mayor elevación (E1 y E3) la riqueza morfoespecífica fue menor. De igual forma, en la cuenca del río Mishquiyacu se observó esta tendencia en las estaciones ubicadas a mayores elevaciones presentando menor riqueza morfoespecífica (E8 y E9), lo que fue aumentando a menores elevaciones, para que nuevamente disminuya en la estación E14 (Figura 19).



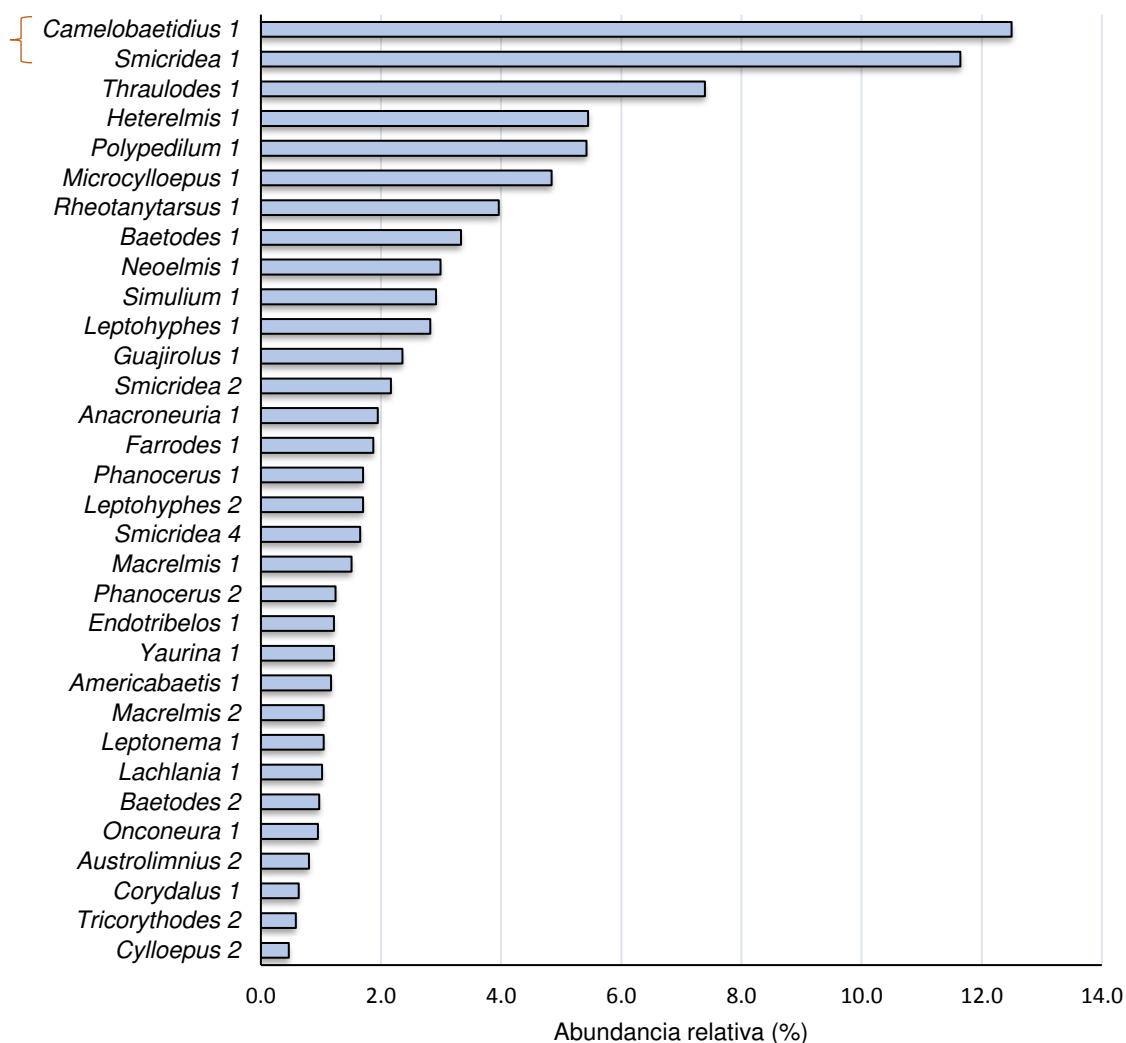
**Figura 18.** Riqueza de morfoespecies en el gradiente altitudinal de la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.



**Figura 19.** Riqueza de morfoespecies en el gradiente altitudinal de la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

#### 6.2.2.4.- Estructura comunitaria

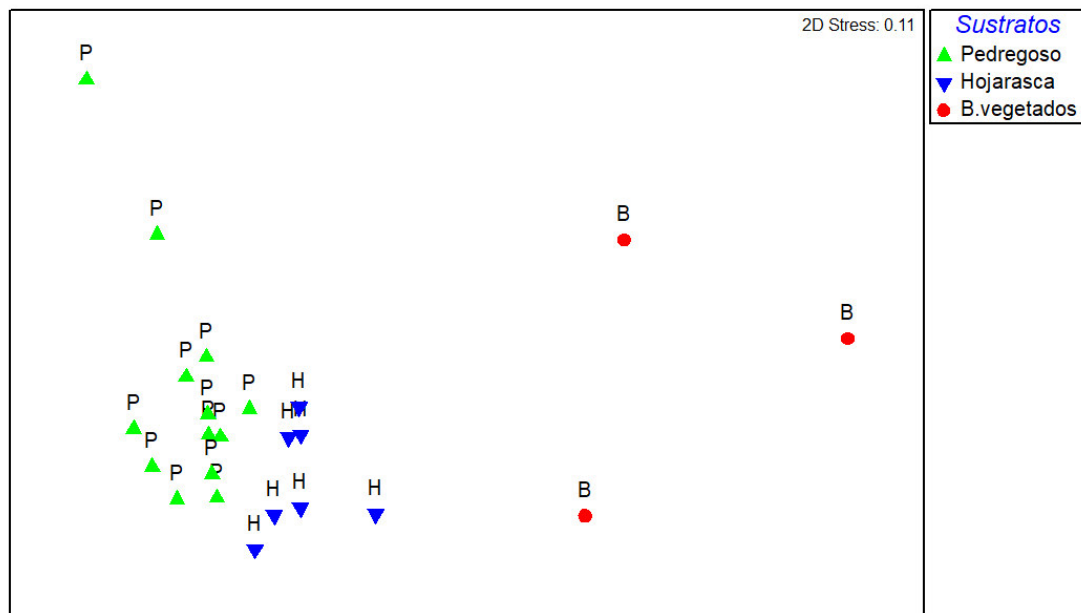
De las 109 morfoespecies identificadas entre ambas cuencas, las morfoespecies que dominaron la estructura de la comunidad fueron *Camelobaetidium* 1 perteneciente al orden Ephemeroptera y *Smicridea* 1 del orden Trichoptera. Estas morfoespecies mostraron abundancias relativas (AR) mayores al 10%, representando juntos el 24,1% de la abundancia total, esto refleja que la alta abundancia del orden Ephemeroptera en cada una de las cuencas se basa principalmente por la presencia de *Camelobaetidium* 1 (Figura 20).



**Figura 20.** Porcentaje de las principales morfoespecies en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.

### Macrobenos en relación al sustrato

El análisis de escalamiento multidimensional (nMDS) mostró una clara separación en la composición de la comunidad de los sustratos bancos vegetados con los sustratos pedregoso y hojarasca. Esto se confirma mediante la prueba estadística ANOSIM, que evidenció diferencias significativas en la composición de la comunidad de los macrobenos asociados a los diferentes tipos de sustratos (pedregoso, hojarasca y bancos vegetados;  $R$  global = 0,574); sin embargo, al comparar los sustratos hojarasca y pedregoso, no se evidenció diferencias significativas ( $R=0,38$ ) (Figura 21).



**Figura 21.** Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS) de los macrobenos y los tipos de sustratos en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.

### **6.3.- Diversidad Alfa**

#### **6.3.1.- Índices de diversidad**

##### **6.3.1.1.- Ictiofauna**

##### **a) Cuenca del río Ponasa**

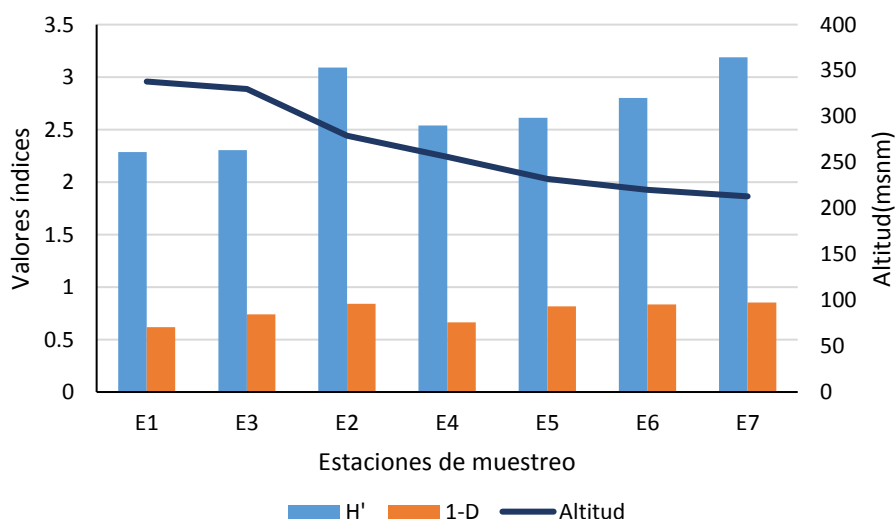
En la cuenca se tuvo como riqueza máxima 16 especies en la estación E4 y la menor riqueza se encontró en la estación E5 con siete especies, ambas ubicadas en el curso del río principal (Tabla 17).

En cuanto a los índices de diversidad, el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) registró 2,69 en promedio, lo que indica una diversidad moderada en la cuenca y de acuerdo al

promedio de la equidad de Pielou ( $J'$ ) de 0,78 se presenta la dominancia de algunas especies; sin embargo, dos de las estaciones (E2 y E7) registraron los mayores valores con 3,09 y 3,19, indicando una alta diversidad en estas, pese a no tener la mayor riqueza de especies, esto se corrobora con los valores altos de equidad de 0,81 y 0,86 respectivamente, indicando una distribución de las especies con tendencia homogénea en esas dos estaciones (Tabla 17). Finalmente se relacionan los índices y la altitud gráficamente (Figura 22), obteniendo que en las estaciones ubicadas a mayor altitud (E1 y E3), los valores de diversidad ( $H'$  y 1-D) son menores.

**Tabla 17.** Valores de los índices de diversidad para las estaciones de muestreo en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

CUENCA	ESTACION	S	N	$J'$	$H'$	1-D
Ponasa	E1	12	48	0,64	2,29	0,62
	E2	14	77	<b>0,81</b>	<b>3,09</b>	<b>0,84</b>
	E3	9	41	0,73	2,30	0,74
	E4	<b>16</b>	73	0,64	2,54	0,66
	E5	<b>7</b>	14	0,93	2,61	0,82
	E6	9	30	0,88	2,80	0,83
	E7	13	41	<b>0,86</b>	<b>3,19</b>	<b>0,85</b>
	PROMEDIO			0,78	<b>2,69</b>	0,77



**Figura 22.** Índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y Simpson (1-D) para la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.



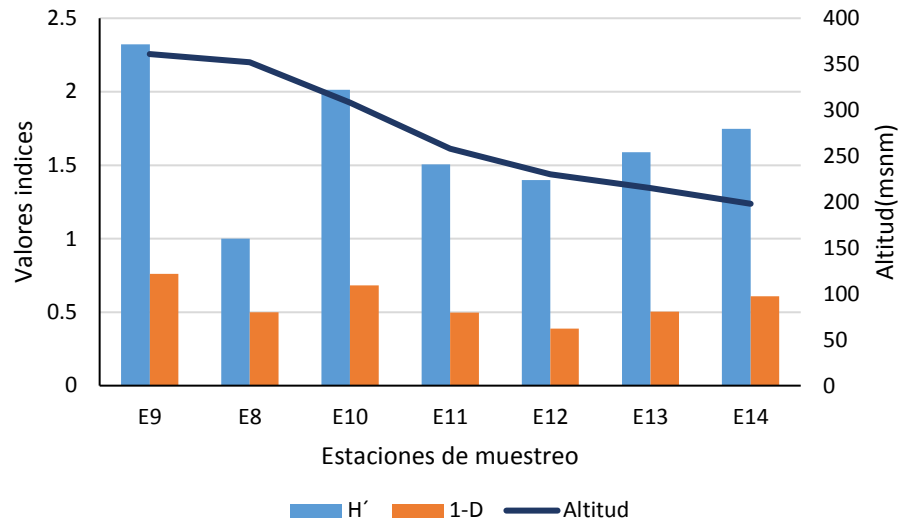
b) Cuenca del río Mishquiyacu

En esta cuenca las estaciones con mayor riqueza fueron E12 y E13 con 10 y 9 especies respectivamente, ambos ubicados en el curso del río principal y la menor riqueza se encontró en el río Garrapata (E8) con solo dos especies (Tabla 18).

En cuanto a los índices de diversidad, el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) registró 1,65 en promedio, lo que indica una diversidad baja en la cuenca, que se corrobora con el promedio de la equidad de Pielou ( $J'$ ) relativamente bajo de 0,70; indicando la existencia de dominancia de algunas especies; sin embargo, en dos de las estaciones (E9 y E10) se registraron los mayores valores, arrojando una diversidad moderada, pese a no tener la mayor riqueza de especies, lo que se corrobora con los valores altos de equidad de Pielou ( $J'$ ), indicando que la distribución de las especies tiene una tendencia homogénea en esas dos estaciones (Tabla 18). Finalmente, se relacionan los índices y la altitud gráficamente (Figura 23), indicando que no hay una tendencia definida de disminución con la altitud, pero observando el menor valor de diversidad en la estación E8 ubicada a mayor altitud; además de algunas estaciones ubicadas a menores elevaciones.

**Tabla 18.** Valores de los índices de diversidad para las estaciones de muestreo en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

CUENCA	ESTACIÓN	S	N	$J'$	$H'$	1-D
Mishquiyacu	E8	2	2	1,00	1,00	0,50
	E9	6	10	<b>0,90</b>	<b>2,32</b>	<b>0,76</b>
	E10	6	33	<b>0,78</b>	<b>2,01</b>	<b>0,68</b>
	E11	5	13	0,65	1,51	0,50
	E12	9	54	0,44	1,40	0,39
	E13	10	156	0,48	1,59	0,50
	E14	7	54	0,62	1,75	0,61
	PROMEDIO			0,70	<b>1,65</b>	0,56



**Figura 23.** Índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y Simpson (1-D) para la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

### 6.3.1.2 Macroinvertebrados

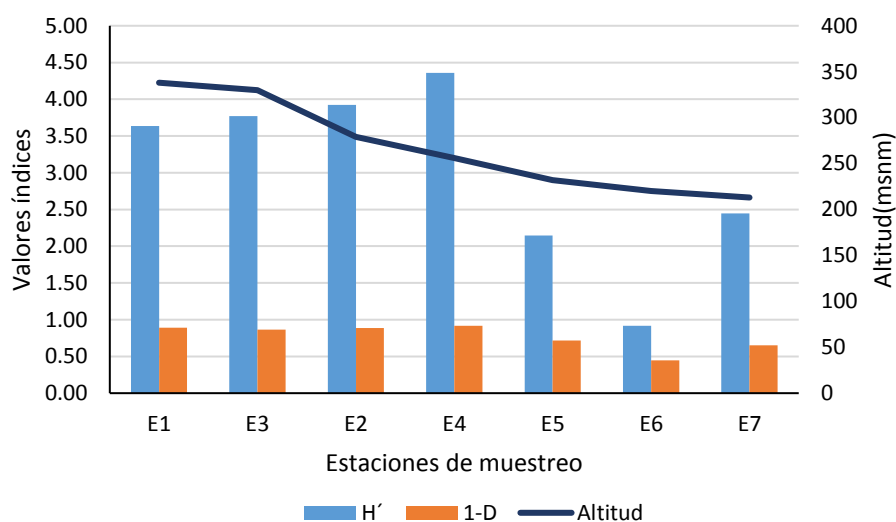
#### a) Cuenca del río Ponasa

Las estaciones con mayor riqueza fueron E4 y E2 con 47 y 46 morfoespecies respectivamente, ambas ubicadas en el curso del río principal y la quebrada Chambira (E3) con 41 morfoespecies. Aunque también hubo una estación (E6) con sólo dos morfoespecies (Tabla 19).

En cuanto a los índices de diversidad, el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) registró 3,03 en promedio, lo que indica una diversidad alta en la cuenca; sin embargo de acuerdo al promedio de la equidad de Pielou ( $J'$ ) de 0,78 aún se presenta la dominancia de algunas morfoespecies. Los índices de diversidad mas altos se encontraron en las primeras cuatro estaciones: E1, E2, E3 y E4 según Shannon-Wiener y Simpson; sin embargo, de estas, las estaciones (E2 y E3) registraron una equidad relativamente baja en comparación con las otras estaciones y esto debido a la distribución de los individuos dentro de las morfoespecies (Tabla 19). Finalmente se relacionan los índices y la altitud gráficamente (Figura 24), obteniendo los menores valores de diversidad ( $H'$  y 1-D) en zonas bajas, principalmente en las estaciones E5 y E6.

**Tabla 19.** Valores de los índices de diversidad para las estaciones de muestreo en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

CUENCA	ESTACIÓN	S	N	J'	H'	1-D
PONASA	E1	19	71	0,86	<b>3,64</b>	<b>0,89</b>
	E2	<b>46</b>	351	0,71	<b>3,93</b>	<b>0,89</b>
	E3	<b>41</b>	512	0,70	<b>3,77</b>	<b>0,86</b>
	E4	<b>47</b>	371	0,78	<b>4,36</b>	<b>0,92</b>
	E5	6	16	0,83	2,15	0,72
	E6	<b>2</b>	3	0,92	0,92	0,44
	E7	14	63	0,64	2,45	0,65
PROMEDIO				<b>0,78</b>	<b>3,03</b>	0,77



**Figura 24.** Índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y Simpson ( $1-D$ ) para la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

b) Cuenca del río Mishquiyacu

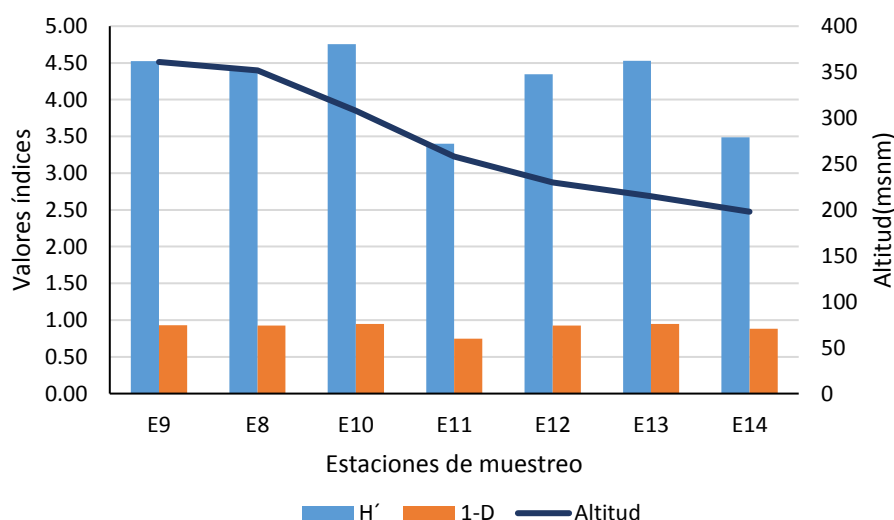
Las estaciones con mayor riqueza fueron E10 y E12 con 55 y 46 morfoespecies respectivamente, ambas ubicadas en el curso del río principal. Aunque también hubo una estación (E14) con sólo 16 morfoespecies (Tabla 20).

En cuanto a los índices de diversidad, el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) registró 4,21 en promedio, lo que indica una diversidad muy alta en la cuenca; lo cual se corrobora con el promedio relativamente alto de la equidad de Pielou ( $J'$ ) de 0,80; indicando una comunidad en equilibrio. Los índices de diversidad resaltan cinco estaciones como las mas diversas considerando abundancia y riqueza de morfoespecies: E8, E9, E10, E12

y E13; sin embargo, una de estas (E12) registró una equidad relativamente baja en comparación con las otras estaciones, reflejando la dominancia de algunas morfoespecies en esta estación (Tabla 20). Finalmente se relacionan los índices y la altitud gráficamente (Figura 25), en el cual no se muestra una tendencia clara a lo largo del gradiente altitudinal, observando los menores valores en las estaciones E11 y E14, ubicadas a menor altitud, mientras que los mayores valores de diversidad ( $H'$  y 1-D) están ubicadas a mayor altitud.

**Tabla 20.** Valores de los índices de diversidad para las estaciones de muestreo en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

CUENCA	ESTACIÓN	S	N	J'	$H'$	1-D
MISHQUIYACU	E8	37	249	0,85	<b>4,43</b>	<b>0,93</b>
	E9	43	230	0,83	<b>4,53</b>	<b>0,93</b>
	E10	55	596	0,82	<b>4,76</b>	<b>0,95</b>
	E11	44	396	0,62	3,40	0,75
	E12	47	616	0,78	<b>4,35</b>	<b>0,93</b>
	E13	42	595	0,84	<b>4,53</b>	<b>0,95</b>
	E14	16	44	0,87	3,49	0,88
PROMEDIO				<b>0,80</b>	<b>4,21</b>	0,90



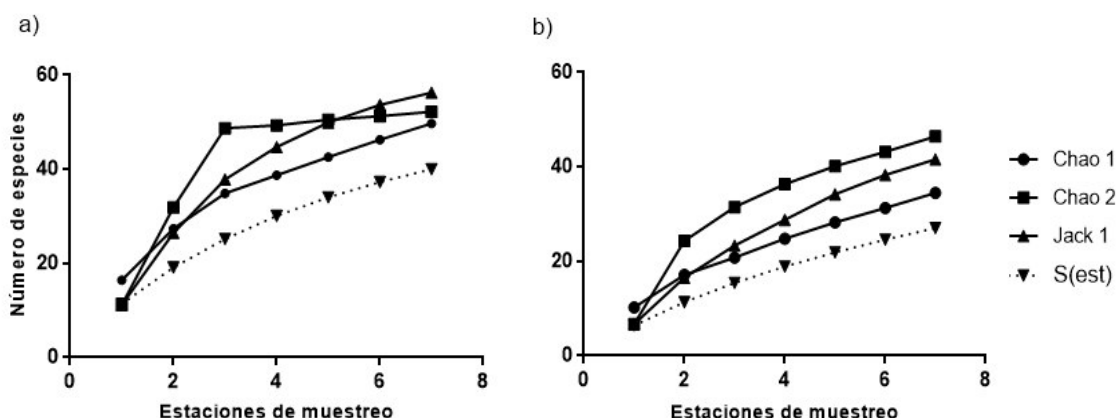
**Figura 25.** Índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y Simpson (1-D) para la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

### 6.3.2.- Curva de acumulación

#### 6.3.2.1.- Ictiofauna

Las curvas de acumulación presentan una tendencia a seguir aumentando la riqueza de especies en ambas cuencas. Para la cuenca del río Ponasa, según el estimador Chao 1, el número probable de especies que presentaría el área evaluada es de 49 especies y las 40 especies registradas en esta área representa una eficiencia en el muestreo de 81,63%. De acuerdo con el estimador Chao 2, el número de especies estimada en el área evaluada es de 52, donde las 40 especies registradas representa una eficiencia en el muestreo del 76,92% y finalmente según el estimador Jackknife 1 la riqueza esperada es de 56 especies (eficiencia del 71,43 %) (Figura 26). En base a los tres estimadores, más del 71 % de las especies estimadas para la cuenca están representadas en el muestreo.

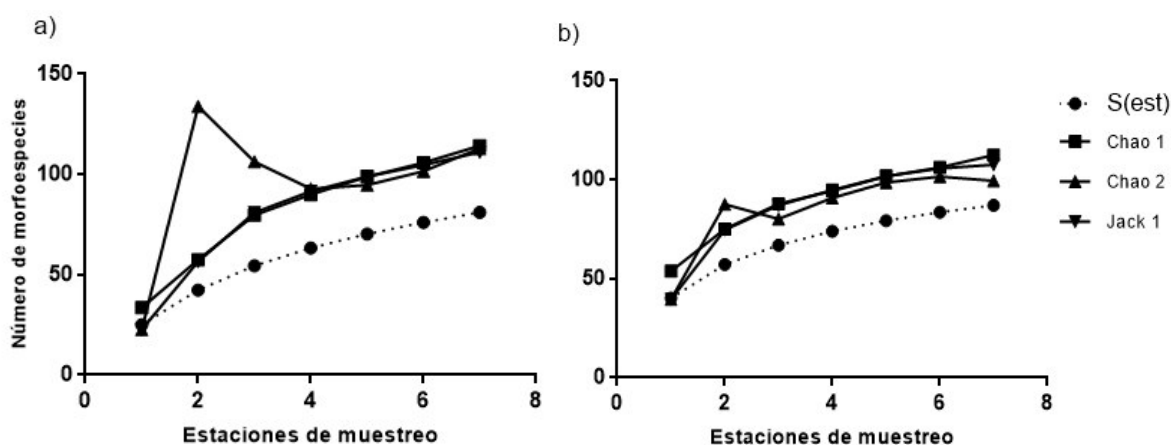
Para la cuenca del río Mishquiyacu, según el estimador Chao 1, el número estimado de especies que se encontraría en el área evaluada es de 34 especies y las 27 registradas en esta área representa una eficiencia en el muestreo de 79,41%. De acuerdo con el estimador Chao 2, el número de especies estimada en el área evaluada es de 46, donde las 27 especies registradas representa una eficiencia en el muestreo del 58,70% y finalmente según el estimador Jackknife 1 la riqueza esperada es de 41 especies (eficiencia del 65,85 %) (Figura 26). De acuerdo a los tres estimadores, la representatividad del muestreo fue superior al 58 % con respecto a la riqueza estimada para la cuenca.



**Figura 26.** Curva de acumulación de especies para las cuencas de los ríos Ponasa (a) y Mishquiyacu (b), diciembre 2017.

#### 6.4.2.2.- Macroinvertebrados

Las curvas de acumulación presentan una tendencia a seguir aumentando la riqueza de morfoespecies en ambas cuencas. Para la cuenca del río Ponasa, según el estimador Jackknife 1, el número probable de morfoespecies que se encontraría en el área evaluada es de 111 y los 81 morfoespecies registradas en esta área representa una eficiencia en el muestreo de 72,97%. De acuerdo con el estimador Chao 2, el número de morfoespecies estimadas en el área evaluada es de 112, donde las 81 morfoespecies registradas representa una eficiencia en el muestreo del 72,32% y finalmente según el estimador Chao 1 la riqueza esperada es de 114 morfoespecies (eficiencia del 71,05%) (Figura 27). En base a los tres estimadores, la representatividad del muestreo fue superior a 71% con respecto a las morfoespecies estimadas para la cuenca. Para la cuenca del río Mishquiyacu, según el estimador Chao 2, el número probable de morfoespecies que presentaría el área evaluada es de 99 y los 87 morfoespecies registradas es esta área representa una eficiencia en el muestreo de 87,88%. De acuerdo con el estimador Jackknife 1, el número de morfoespecies estimadas en el área evaluada es de 107, donde los 87 morfoespecies registradas representa una eficiencia en el muestreo del 81,31% y finalmente según el estimador Chao 1 la riqueza esperada es de 112 morfoespecies (eficiencia del 77,68%) (Figura 27). En base a los tres estimadores, la representatividad del muestreo fue superior al 77% con respecto a las morfoespecies estimadas para la cuenca.

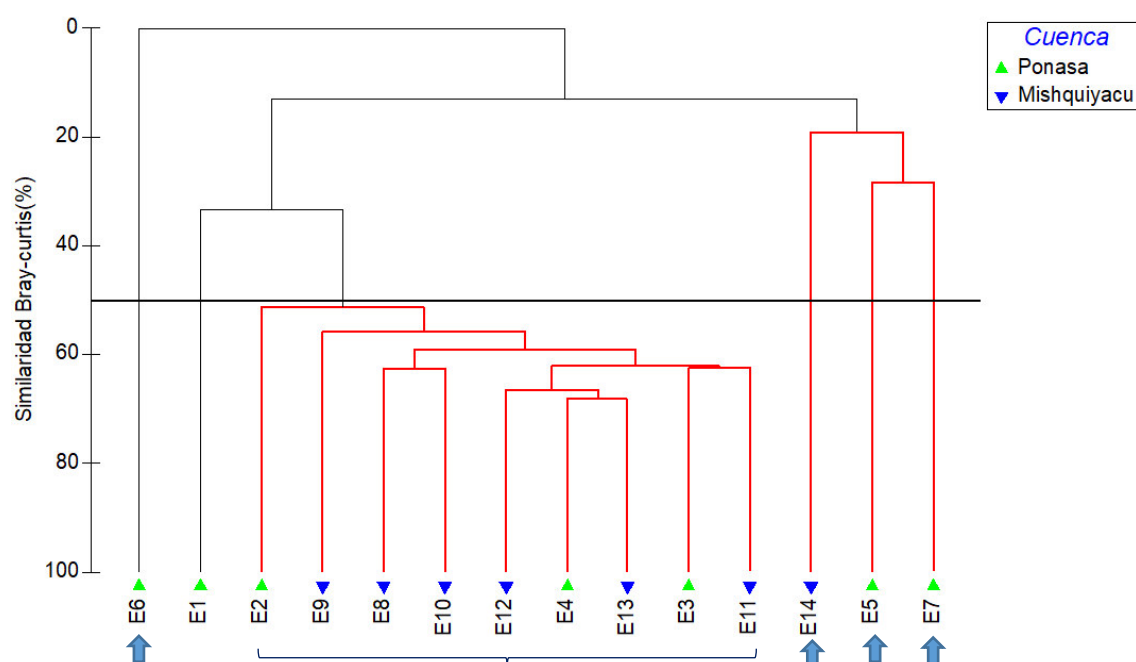


**Figura 27.** Curva de acumulación de las morfoespecies para las cuencas de los ríos Ponasa (a) y Mishquiyacu (b), diciembre 2017.



### 6.3.3.2.- Macrobentos

El análisis de agrupamiento basado en el índice de Similitud Bray-Curtis para el área de estudio, presentó a varias estaciones de muestreo ubicadas a menores altitudes como unidades aisladas (E5, E6, E7 y E14). Por otro lado el índice definió un solo grupo con más del 50% de similitud, y dentro de este, las estaciones E4 y E13 tuvieron la mayor similitud (68%) (Figura 29). Finalmente, se observa una tendencia al agrupamiento, en función a los tipos de sustratos muestreados en las estaciones con mayor similitud.



**Figura 29.** Dendrograma de Similitud Bray-Curtis de las estaciones ubicadas en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, diciembre 2017.



## 6.5.- Estado de conservación de los hábitats acuáticos

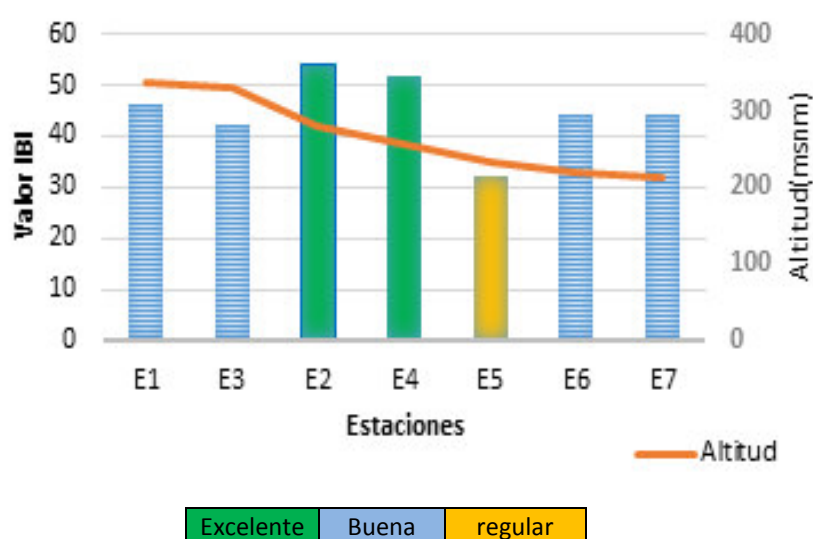
Para evaluar las condiciones de los hábitats acuáticos en el área de estudio, se utilizaron el IBI y el SVAP en base a la composición y estructura de la ictiofauna y a las características físicas del ambiente respectivamente.

### 6.5.1.- Índice de Integridad Biológica (IBI)

Según la evaluación de ambas cuencas, los ambientes fueron calificados en tres condiciones (excelente, buena y regular) para la cuenca del río Ponasa y en dos condiciones para la cuenca del río Mishquiyacu (buena y regular). La puntuación resultante del IBI para las cuencas no sobrepasaron los 54 puntos, cuyo mayor puntaje le correspondió a la estación E2 del río Ponasa; mientras que la menor puntuación (14 puntos) se reportó en la estación E8 (río Garrapata), correspondiente a la cuenca del río Mishquiyacu (Anexo 11). El IBI promedio para la cuenca del río Ponasa fue 44,86 puntos, evidentemente mayor al promedio de la cuenca del río Mishquiyacu que fue 37,14 puntos.

#### a) Cuenca del río Ponasa

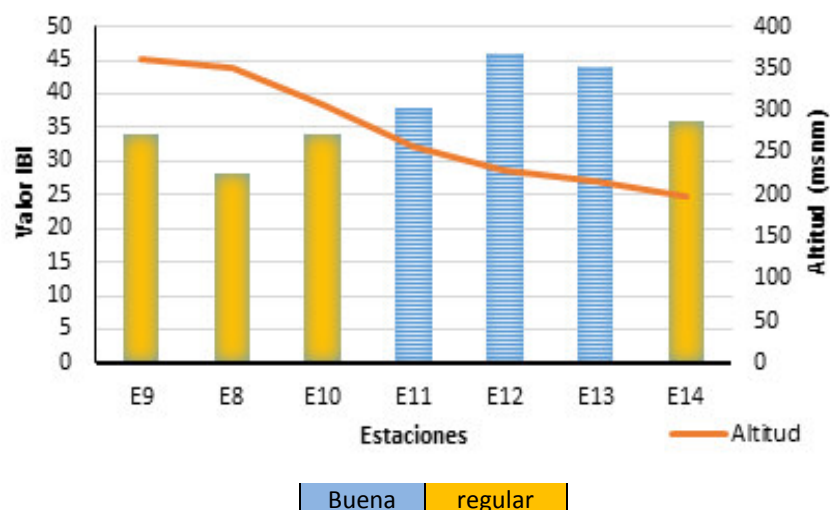
Los resultados mostraron que el valor del IBI varió entre 32 y 54 puntos, donde los puntajes más altos se obtuvieron para dos estaciones que fueron calificadas con condición excelente (E2 y E4 con 52 y 54 puntos respectivamente). De las siete estaciones solo una calificó dentro de la condición regular (E5) por presentar una riqueza de especies baja (siete especies) igual que la abundancia; sin embargo, la mayoría de las estaciones presentaron una condición buena (E1, E3, E6 y E7), representando el 57,14% del total (Figura 30).



**Figura 30.** Calificación de los ambientes acuáticos mediante el IBI en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

### a) Cuenca del río Mishquiyacu

Los valores obtenidos variaron entre 28 y 34 puntos, donde de las siete estaciones, tres presentaron condición buena (E11, E12 y E13); mientras que las cuatro restantes calificaron dentro de la categoría regular (E8, E9, E10 y E14), lo que representa el 57,14% del total, por presentar una riqueza de especies bastante baja, al igual que la abundancia (Figura 31).



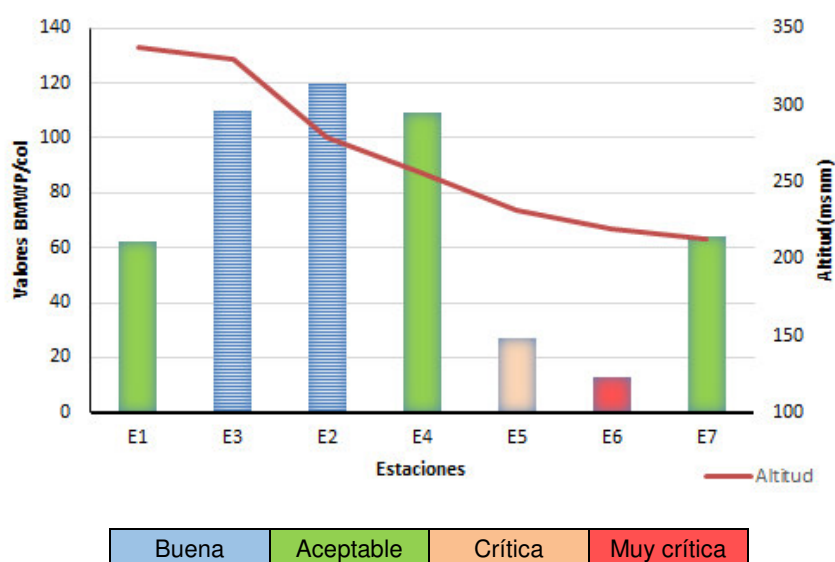
**Figura 31.** Calificación de los ambientes acuáticos mediante el IBI en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

### 6.5.2. Índice biótico adaptado para Colombia (BMWP/Col por sus siglas en ingles):

Los resultados obtenidos en el índice BMWP/Col, basado en la composición de los macroinvertebrados, en ambas cuencas, fueron categorizados en cuatro condiciones (Buena, aceptable, crítica y muy crítica) para la cuenca del río Ponasa y en tres (Buena, aceptable y dudosa) para la cuenca del río Mishquiyacu. Los resultados de ambas cuencas no sobrepasaron los 125 puntos, cuyo mayor puntaje le correspondió a la estación E10 del río Mishquiyacu; mientras que la menor puntuación (13 puntos) lo registró la estación E6 del río Ponasa (Anexo 12).

### a) Cuenca del río Ponasa

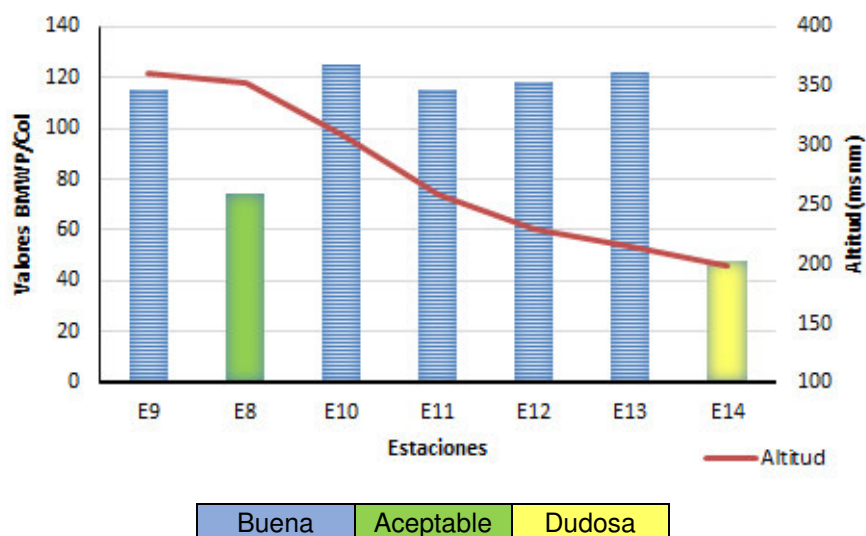
Los resultados mostraron que el valor del BMWP/Col varió entre 13 y 120, donde la estación E2 del río Ponasa registró el mayor valor y la estación E6 del mismo, el menor valor. De las siete estaciones, los puntajes más altos se obtuvieron para dos estaciones, ubicadas a mayores altitudes, que fueron calificadas con buena condición (E2: río Ponasa y E3: Quebrada Chambira con 120 y 109 puntos, respectivamente), indicando la presencia de aguas muy limpias; sin embargo el mayor número de estaciones (tres) calificó como aceptable, evidenciándose aguas ligeramente contaminadas. Las dos estaciones restantes, ubicadas a menores altitudes, calificaron dentro de las categorías crítica y muy crítica (E5 y E6), indicando la presencia de aguas muy contaminadas (Figura 32).



**Figura 32.** Índice BMWP/Col en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

### b) Cuenca del río Mishquiyacu

Los resultados mostraron que el valor del BMWP/Col varió entre 48 y 125, donde la estación E10 del río Mishquiyacu registró el mayor valor y la estación E14 del mismo, el menor valor. De las siete estaciones evaluadas, los puntajes más altos se obtuvieron para la mayoría de las estaciones (cinco), calificándolas como condición buena, siendo indicativo de la presencia de aguas muy limpias y las dos estaciones restantes (E8 y E14) variaron entre aceptable y Dudosa, indicando aguas moderadamente contaminadas (Figura 33).



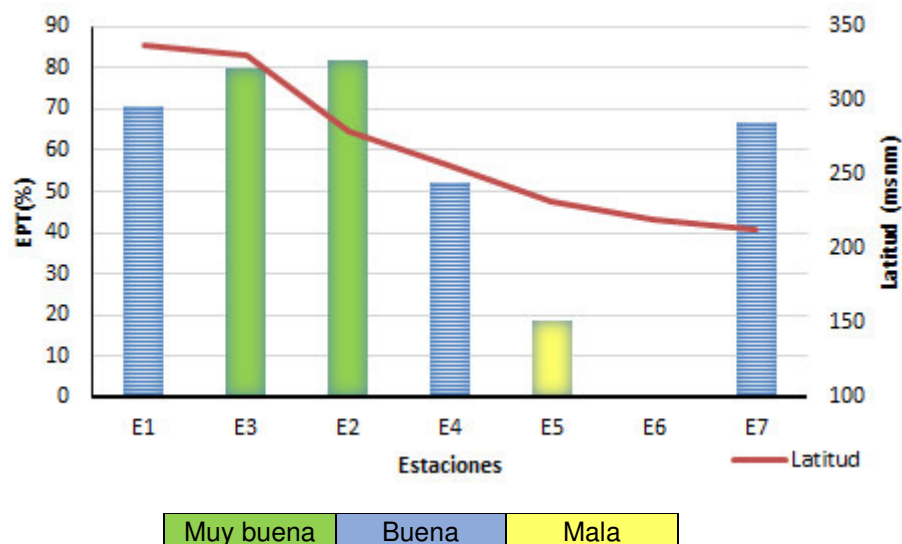
**Figura 33.** Índice BMWP/Col en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

### 6.5.3.- Índice EPT (%)

Los valores obtenidos en el índice EPT (%), basado en la presencia de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, en ambas cuencas, fueron categorizados en tres condiciones (Muy buena, buena y mala) para la cuenca del río Ponasa y de la misma forma, en tres (Buena, regular y mala) para la cuenca del río Mishquiyacu. Los resultados no sobrepasaron el 80%, correspondiendo el mayor valor porcentual a la estación E2; mientras que el menor valor porcentual (0%) se reportó en la estación E6, ambas ubicadas en el río Ponasa (Anexo 13).

#### a) Cuenca del río Ponasa

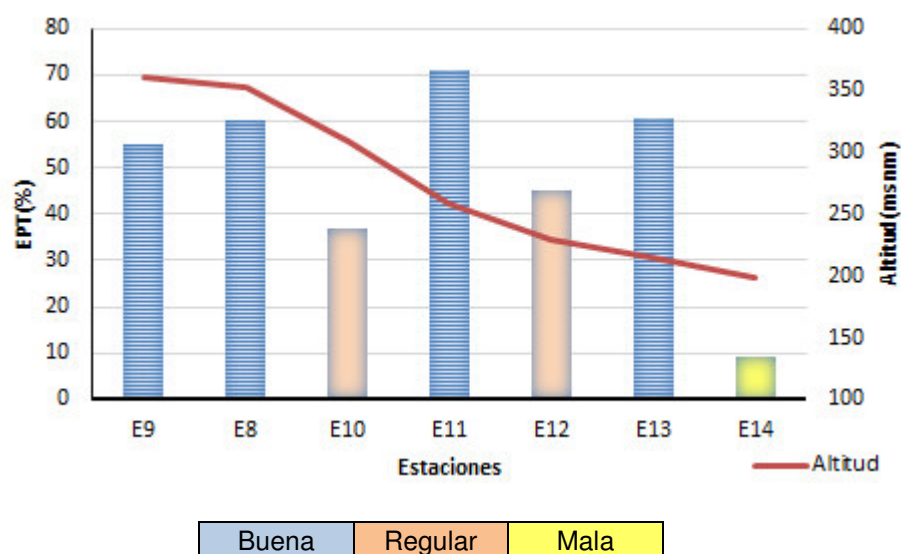
Los resultados mostraron que el valor del índice EPT (%) varió entre 0 y 82%, correspondientes a las estaciones E6 y E2 respectivamente, ambas ubicadas en el río Ponasa. La mayoría de la estaciones calificaron dentro de las categorías muy buena y buena (cinco), los cuales representan porcentajes de EPT superiores al 50% indicando aguas muy oxigenadas y en buen estado, ubicadas mayormente hacia las partes altas de la cuenca; mientras que las dos estaciones restantes (E5 y E6) se encontraron dentro de la calidad mala (Figura 34).



**Figura 34.** Índice EPT (%) en la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

#### b) Cuenca del río Mishquiyacu

Los resultados mostraron que el valor del índice EPT (%) varió de 9 a 71%, donde la estación E14 presentó el menor valor de EPT y la estación E11 el mayor valor, ambas ubicadas en el río Mishquiyacu. La mayoría de la estaciones calificaron dentro de la categoría buena (E8, E9, E11 y E13), los cuales representan valores de EPT porcentual mayores al 50% indicando aguas altamente oxigenadas y de buena calidad. De las siete estaciones solo en una (E14) se obtuvo el valor porcentual mas bajo con 9%, indicando aguas de mala calidad, ubicado en el sector mas bajo de la cuenca (Figura 35).



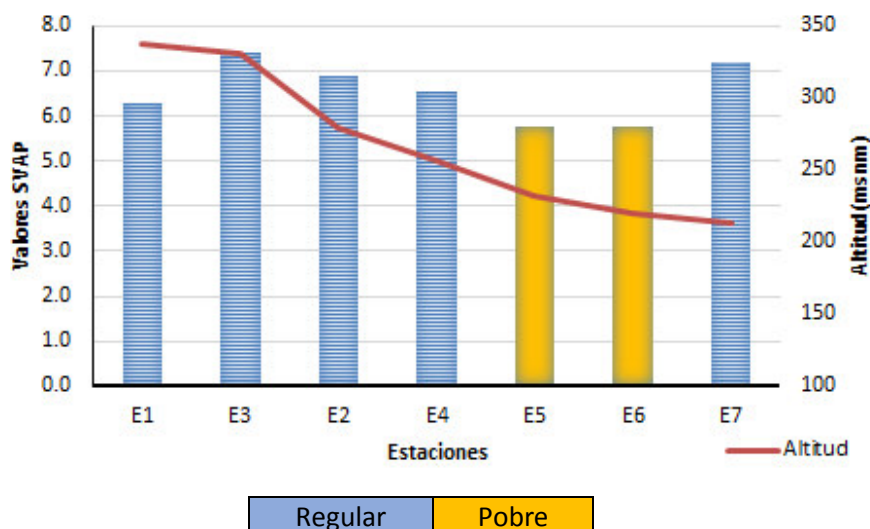
**Figura 35.** Índice EPT (%) en la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.

#### 6.5.4- Evaluación Visual de Cursos (SVAP)

Los valores obtenidos en el SVAP en ambas cuencas, fueron categorizados en dos condiciones (regular y pobre) para la cuenca del río Ponasa y de la misma forma, en dos (bueno y regular) para la cuenca del río Mishquiyacu (Anexo 14).

##### a) Cuenca del río Ponasa

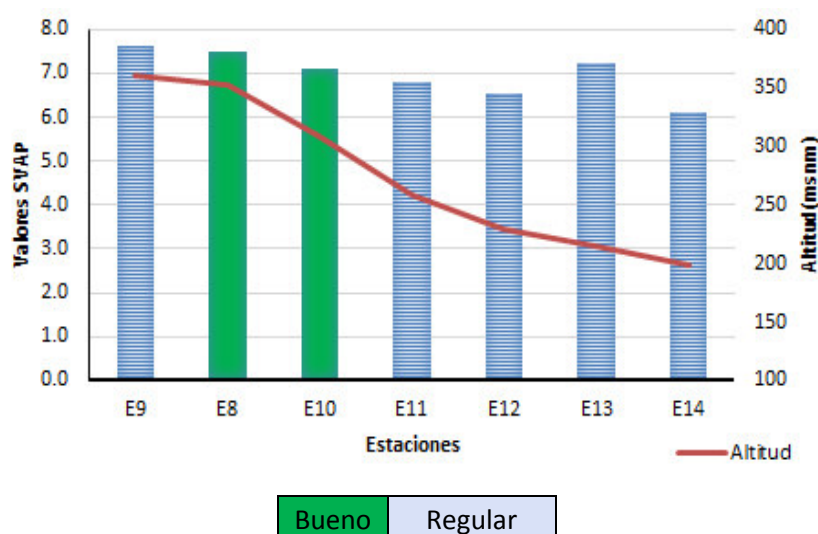
Los resultados mostraron que el valor del SVAP varió entre 5,8 y 7,4; donde las estaciones E5 y E6 ubicados en el río Ponasa, presentaron los menores valores y la quebrada Chambira (E3), el mayor valor. La mayoría de las estaciones presentaron condición regular (cinco); mientras que las dos estaciones restantes con una puntuación menor a seis se calificaron con la condición más baja debido a la inestabilidad de las orillas, la poca disponibilidad de hábitats para peces y macroinvertebrados (Figura 36).



**Figura 36.** Puntuación de SVAP de la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.

## b) Cuenca del río Mishquiyacu

Los resultados mostraron que el valor del SVAP varió de 6,1 a 7,6; ambos valores (menor y mayor) se encontraron en el río Mishquiyacu, los cuales fueron las estaciones (E14 y E9 respectivamente). De las siete estaciones, solo dos de estas presentaron una buena condición física para alojar peces y macroinvertebrados; sin embargo la mayoría de las estaciones (cinco) reflejaron condición física regular, debido a la poca estabilidad de las orillas, escasa disponibilidad de hábitats para peces en ciertas estaciones y la presencia de basura (Figura 37).

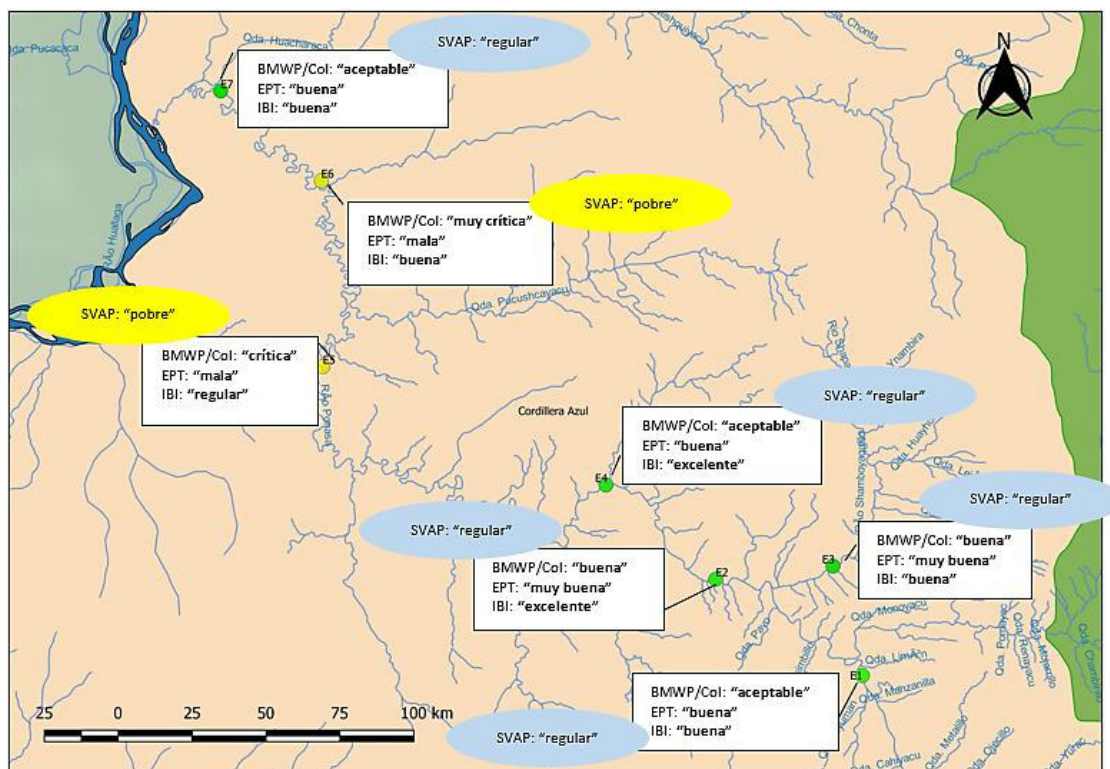


**Figura 37.** Puntuación de SVAP de la cuenca del río Mishquiyacu, diciembre 2017.



## 6.6.-Síntesis del estado de conservación de los hábitats acuáticos mediante los índices bióticos y la evaluación visual de cursos

La evaluación del estado de conservación de la cuenca del río Ponasa según los índices bióticos (IBI, BMWP/Col, EPT) indica aguas de buena calidad en las estaciones ubicadas a mayor altitud (E1, E2, E3, E4); sin embargo la estación E7, calificada también como de buena calidad, si bien es cierto se ubica en el sector bajo de la cuenca, su hábitat físico alrededor presenta condición regular, a diferencia de las estaciones E5 y E6, en donde la condición del hábitat físico alrededor mediante el SVAP indicó estar en malas condiciones, coincidiendo con la calificación según los índices bióticos de presenta aguas en malas condiciones (Figura 38). Estos resultados demuestran la estrecha relación entre la calidad del hábitat acuático y el grado de conservación del ambiente terrestre alrededor.



**Figura 38.** Mapa de la calidad del agua y del hábitat físico en las estaciones de la cuenca del río Ponasa, diciembre 2017.





## VII. DISCUSIÓN

### 7.1.- Descripción de los ambientes acuáticos

Los ambientes evaluados en este estudio mostraron características físicas diferenciadas a lo largo del gradiente altitudinal, principalmente por la composición del sustrato, velocidad de la corriente, dimensiones del cauce y composición de la orilla. Esta variabilidad en los ambientes acuáticos coincide por lo planteado por Vannote *et al.* (1980), en el “concepto de río continuo”, en el que desde las cabeceras de los cursos hasta su desembocadura, las variables físicas dentro de un sistema de arroyos presentan un gradiente continuo de condiciones que incluyen ancho, velocidad, volumen de flujo, temperatura, entre otras, generando el establecimiento de comunidades específicas, adaptadas a cada hábitat particular.

El tipo de agua característico en ambas cuencas fue blanca, con color aparente marrón claro o cremoso, debido a la riqueza en sólidos finos en suspensión y nutrientes minerales disueltos, generados por el transporte desde las montañas de una carga en su mayoría de partículas finas de limo y arcilla (Sioli, 1984), lo cual refleja la geología de las aguas de las cabeceras, las propiedades del suelo y la vegetación en sus tramos de tierras bajas, a diferencia de los ambientes acuáticos de aguas claras, lo cual fue observado en estaciones ubicadas en las partes más altas, debido a la menor cantidad de sedimentos en suspensión y nutrientes (Reis *et al.*, 2016), lo cual genera la mayor transparencia del agua. Con respecto al tipo de sustrato, los ambientes ubicados en zonas de menor altitud, se caracterizaron por presentar sustratos finos (arena, arcilla, fango), a diferencia de los ambientes ubicados en zonas de mayor altitud, que presentaron sustratos duros (roca, piedra y canto rodado), esto debido a que en estas áreas bajas existen las zonas de deposición o acumulación, en las cuales la velocidad de la corriente tiende a ser lenta y los materiales suspendidos se precipitan de manera que se forman sustratos finos; mientras tanto las áreas de mayor altitud están ubicadas en zonas de erosión caracterizadas por un relieve rocoso (Roldan y Restrepo, 2008).

Los parámetros fisicoquímicos encontrados mostraron que los puntos de muestreo presentaron aguas alcalinas ( $\text{pH} > 7$ ), junto con valores de conductividad y sólidos disueltos totales elevados. La variabilidad del pH fue aumentando ligeramente de las zonas bajas hacia las zonas altas, considerado como un patrón típico en ríos del sistema amazónico, debido principalmente a que las concentraciones de sedimentos y sólidos disueltos se encuentran en bajas cantidades, proporcionándole mayor transparencia, mientras que en zonas bajas, en donde existen grandes cargas de sedimentos ricos en nutrientes, sus aguas tienen un pH casi neutro y son características por su alta turbidez (Ríos-Villamizar *et al.*, 2013). Sin embargo, en la cuenca del río Mishquiyacu este patrón

no se cumplió en su totalidad, ya que en un punto de muestreo de la zona baja se registró aguas con características alcalinas, lo cual puede deberse a las montañas de sal presentes en la zona, que en momentos de lluvia provoca que algunos tributarios colindantes se vuelvan salinos y viertan sus aguas hacia el río, aumentando de esta forma el pH del agua, ya que contienen bases fuertes y carbonatos con gran potencial de neutralizar ácidos, además el aumento de sodio proveniente de la sal desplaza otros cationes básicos en los sitios de intercambio del suelo, lo que aumenta aún más el pH y contribuye a la alcalinización (Kaushal *et al.*, 2017).

Con respecto al comportamiento de la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales, aumentaron en zonas bajas, debido a que trascurren aguas con sólidos disueltos en cantidades mayores, lo que indica una mayor conductividad del cuerpo de agua (Roldan y Restrepo, 2008). Estos patrones de pH, conductividad y sólidos disueltos totales en la cuenca del río Ponasa coincide con lo encontrado por Oyague (2006); sin embargo, con respecto al pH si bien los valores fueron alcalinos, tuvieron valores más altos, pudiendo atribuirse a la estacionalidad y a las características propias de la época evaluada (Epoca seca).

Por último, ambientes acuáticos a menor altitud presentaron mayores temperaturas en el agua, debido principalmente a la menor cobertura vegetal sobre el espejo de agua, que provoca una mayor exposición a la luz solar a lo largo del día, mientras que en ríos y quebradas de mayor altitud, la temperatura disminuyó, debido a que en estas zonas el dosel de la vegetación llega a cubrir parcial o totalmente el cuerpo de agua, esto permite mantenerlo en temperaturas altas durante el día, como también fue reportado por Meza (2014) y Valenzuela (2017).

## 7.2.-Ictiofauna

### **7.2.1.- Composición taxonómica, distribución y estructura**

Los resultados reportan 47 especies para toda el área de estudio, que abarca las subcuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu, tributarios de río Huallaga; lo que representa una menor riqueza al relacionarlo con estudios a otros tributarios como el río Mayo, realizado por Ecurra (2017), que registró 65 especies y más aún al trabajo realizado por Valenzuela (2018), que abarcó la intercuenca del Alto Huallaga, registrando 128 especies, estas diferencias tienen sentido debido a que si bien es cierto el río Mayo es un tributario del Huallaga, este tiene una mayor extensión que las cuencas evaluadas en este estudio, de la misma forma el río Huallaga al ser un río de orden mayor, su área de drenaje se extiende, lo cual confirma la tendencia de otros estudios (Osborne y Wiley, 1992; Vieira y Tejerina-Garro, 2014) de aumentar la riqueza de especies con el área. Angermeier y Schlosser (1989) sugirieron mecanismos potenciales

para explicar la relación especie-área, donde áreas mas grandes abarcan mas individuos; por lo tanto, el número de especies disponibles se muestrea más completamente. Otro aspecto a tener en cuenta, es la influencia que puede tener la intervención humana, debido a actividades como la agricultura y ganadería presente en la zona que repercuten en el deterioro de los cuerpos de agua.

Por otro lado, se registró una especie introducida: *Poecilia reticulata*, de la misma forma como lo reportaron Ortega *et al* (2007) y Valenzuela (2018) para esta cuenca. Según Ortega, *et al.* (2007), las especies introducidas puede alterar los ecosistemas acuáticos al afectar directa o indirectamente la existencia de especies nativas (por competencia o depredación) y por alteración de sus hábitats.

La dominancia de los órdenes Characiformes y Siluriformes en toda el área de estudio, confirma la tendencia de predominancia del superorden Ostariophysi, que constituye el 74% de la ictiofauna continental en Sudamérica y el 77% de las especies en la región Neotropical (Reis *et al.*, 2016). Este dominio es registrado en diferentes trabajos (Ortega *et al.*, 2012; Chuctaya, 2014; Meza, 2014; Valenzuela, 2018) y su éxito evolutivo puede atribuirse principalmente a la posesión de un "aparato weberiano" que consiste en una serie articulada de huesos pequeños que se extienden desde la vejiga gaseosa hasta el oído interno (Briggs, 2005), permitiendo una mayor sensibilidad auditiva y un rango de alta frecuencia, siendo una ventaja potencial al permitir detectar el ruido relevante a mayores distancias (Popper & Fay, 2010; Holt & Johnston, 2011), lo que aumenta la posibilidad de escapar de los depredadores a través del comportamiento de escape o también esta audición sensible puede ayudar a los depredadores a encontrar a su presa como lo plantean Canfield & Eaton (1990), inclusive en ambientes de poca visibilidad, de esta forma adquieren la facilidad para adaptarse a una gran variedad de hábitats de agua dulce.

Las familias Characidae y Loricariidae tuvieron la mayor representatividad en riqueza y abundancia, como fue reportado en varios estudios en la región Neotropical (Ortega *et al.*, 2007; Meza, 2014; Valenzuela, 2018), donde estas familias presentan el mayor número de especies y una amplia distribución, debido a que sus especies presentan una gran capacidad de adaptarse frente a circunstancias de ambientes tan diversos como es el caso de la familia Characidae, cuya capacidad adaptativa se centra en la variedad de formas corporales que posee, encontrando especies con cuerpos alargados, cortos, discoidales, comprimidos; igualmente el de poseer una variedad de tipo de dientes como una respuesta a la disponibilidad de alimento (Galvis *et al.*, 2006); de igual forma la familia Loricariidae, caracterizada por tener el mayor número de

especies en el mundo de todas las familias de bagres (Armbruster, 2003), presentan formas corporales desde bastante hidrodinámicos como *Chaetostoma* y *Ancistrus*, lo que les facilita vivir en aguas con corriente fuerte, hasta formas alargadas como *Farlowella* y *Rineloricaria*, que habitan en zonas de menos corriente (Galvis *et al.*, 2006).

De la lista final de especies, el 17% (ocho morfoespecies) se identificaron hasta género, dado que algunos especímenes se encontraban en etapas juveniles y no habían desarrollado las características típicas que permita llegar hasta especie, además debido a la complejidad que presentan ciertos grupos, como los ejemplares de *Ancistrus* sp.1 y *Ancistrus* sp.2, que según opinión de especialistas se trataría de un género complejo de identificar por la superposición de caracteres y más aún no existe una revisión reciente del género para las especies amazónicas (V. Meza, comunicación personal, mayo 2018). Ejemplares identificados como *Chaetostoma* sp., *Galeocharax* sp., *Hypostomus* sp. corresponden a ejemplares juveniles que por su estadio temprano no han desarrollado las características típicas de los adultos, dificultando la identificación hasta especie y corriendo el riesgo de una incorrecta identificación. En cuanto a los ejemplares identificados como *Odontostilbe* sp.1 y *Odontostilbe* sp.2 requieren de una revisión mas precisa y minuciosa del género; específicamente los ejemplares de *Odontostilbe* sp.2, según la confirmación del especialista (J. Chuctaya, comunicación personal, enero 2018), corresponderían a una especie nueva para la ciencia. Destacando de esta manera la importancia de trabajos referidos a la diversidad, que intenta dar a conocer no solo el estado en que se encuentra una comunidad, en base a su composición y aplicar medidas de conservación si es conveniente, sino aportar al conocimiento de la distribución de especies nuevas.

En el presente estudio, si bien es cierto no presenta un amplio rango altitudinal, se corroboró una disminución de la riqueza de especies en ambientes acuáticos a mayor altitud para ambas cuencas. Sin embargo, hubieron puntos de muestreo en zonas bajas del río Ponasa que presentaron menor número de especies, considerando al causante principal el mayor impacto humano que se presentan en altitudes mas bajas (Oyague, 2006). Varios estudios intentan explicar el porqué de la disminución de especies con la altitud (Schlosser, 1982; Gorman & Karr, 1978; Angermeier & Karr, 1983; Beecher *et al.*, 1988; Oberdorf *et al.*, 1993; Jaramillo - Villa *et. al.*, 2010, entre otros), y la mayoría esta de acuerdo en que las variables físicas y ambientales relacionadas con el gradiente altitudinal están fuertemente correlacionadas con la riqueza de especies como por ejemplo la disminución en la heterogeneidad de hábitats, el cual, a su vez, está relacionado principalmente a una disminución en el caudal del río y la poca disponibilidad de refugios a mayores altitudes; además, la mayor severidad de las

condiciones climáticas, que son comunes en las zonas de aguas de cabecera, donde las bajas temperaturas y las fluctuaciones en el flujo de agua tienen una influencia en el metabolismo, la reproducción, el desarrollo y el crecimiento de los peces (Buisson *et al.*, 2008), por lo que se da la dominancia de ciertas especies, adaptadas a las duras condiciones ambientales de los arroyos de cabecera. Por otro lado, se da la reducción en la diversidad de recursos disponibles y disminución en la productividad primaria todo ello a medida que aumenta la altitud (Jaramillo - Villa *et. al*, 2010).

Estos cambios físico-químicos observados a lo largo del río aparentemente tienen una influencia en composición de las especies debido a que sí bien se observó la presencia del grupo de los carácidos en casi todos ambientes evaluados, estos fueron claramente dominantes en los ambientes acuáticos ubicados en menores elevaciones, encontrando una mayor riqueza de loricáridos de los géneros *Chaetostoma* y *Ancistrus* en zonas altas, lo que no se observó en las zonas bajas; estos cambios en los atributos de la comunidad con la elevación parecen estar relacionados con los cambios en el uso del hábitat y los rasgos morfológicos de las especies (Carvajal-Quintero *et al.*, 2015), las cuales se adaptan a las duras condiciones ambientales de las corrientes originados en las cabeceras de los ríos, debido a que han desarrollado diferentes adaptaciones morfológicas y de comportamiento, incluyendo formas del cuerpo que reducen la resistencia al agua, apéndices similares a los de succión para aferrarse a las superficies del lecho de roca y la capacidad de esconderse bajo grandes rocas u ocupar aguas poco profundas en hábitats del margen de canal durante inundaciones y sequías (Maldonado-Ocampo *et al.*, 2005).

La estructura comunitaria en la zona de estudio se caracterizó por especies de tamaño pequeño (<10 cm), representada principalmente por especies de la familia Characidae, coincidiendo con el patrón establecido para la familia, en donde se concentran las especies más pequeñas (Azevedo, 2010), posiblemente, se deba a la relación más estrecha que tienen dichas especies con las orillas, zonas de detención de las corrientes de agua y los ambientes con velocidad lenta creados en época de creciente, en los que se establecen diversos microhábitats (Correa y Ortega, 2010), en donde encuentran refugio frente a los depredadores y fuente de alimento (Silva *et. al*, 2014).

### **7.2.3. Diversidad alfa y beta**

#### **7.2.1.1. Indices de diversidad**

Los resultados mostraron que los índices de diversidad para la cuenca del río Ponasa indicaron una diversidad moderada; sin embargo, dos estaciones ubicadas en el río principal tuvieron alta diversidad, pese a no tener la mayor riqueza de especies, lo cual se relaciona con la alta equidad (Pielou) mayor a 0,8; mostrando que estos ambientes presentan una distribución homogénea. Al igual que reportaron Carvajal-Quintero *et al.* (2015) para los Andes colombianos y Valenzuela (2018) para la intercuenca del Alto Huallaga, se observó para la cuenca del río Ponasa que los menores valores de diversidad se presentaron a mayores elevaciones, siendo un patron global el de disminuir con la altitud (Grimaldo, 1998).

En el caso de la cuenca del río Mishquiyacu la mayoría de las estaciones mostraron que la diversidad fue baja, encontrándose el mayor valor de diversidad en uno de los puntos más elevados, pese a no tener la mayor riqueza, lo cual puede deberse a la existencia de dominancia de algunas especies en las partes bajas de la cuenca como *Knodus orteguasae* con 106 individuos y *Astyanax maximus* con 74 individuos, lo cual se corrobora con lo valores bajos de equidad menores de 0,8, convirtiendo a las comunidades menos equitativas.

Finalmente en comparación con los resultados registrados por Valenzuela (2018) en el río Huallaga, los valores de diversidad que se obtuvieron fueron bajos en ambas cuencas, debido principalmente a factores como la extensión del area evaluada por ser ríos de orden menor, presentando un area menor de drenaje, por consiguiente disminuyendo la diversidad en el tipo de hábitat (Osborne *et. al*, 1992).

#### **7.2.1.2. Curva de acumulación de especies**

Las curvas de acumulación obtenidas para las cuencas, presentaron una tendencia a seguir incrementando el número de especies. Entre estos, el estimador Chao 1 fue favorable en ambas cuencas, porque demostró que el muestreo fue significativo, estimando una riqueza de 49 especies, representando una eficiencia de muestreo del 81,63% para la cuenca del río Ponasa (40 especies observadas). De igual forma se observó en la cuenca del río Mishquiyacu, que el estimador Chao 1 fue el más favorable estimando 34 especies de las 27 observadas, representando una eficiencia de muestreo del 79,41%. Aunque el estimador Chao 1 fue favorable en ambas cuencas, en base a los otros 2 estimadores (Chao 2 y Jackknife 1) la eficiencia del muestreo fue menor, dando a entender que el esfuerzo de muestreo pudo ser mejorado para alcanzar una mayor cobertura del número especies en cada cuenca. A pesar de esto en la cuenca del río Ponasa, los estimadores arrojan que la captura representó más del 70% de las

especies esperadas, lo que difiere con la cuenca del río Mishquiyacu cuyos estimadores arrojan que la captura representó más del 58%, requiriendo de la utilización de otros tipos de métodos complementarios de captura como por ejemplo la pesca con atarraya, para poder alcanzar una mayor cobertura de la diversidad de especies.

#### **7.2.1.3. Análisis cluster**

El análisis de agrupamiento (clúster) aplicando el índice de similitud Bray-Curtis para el área de estudio, muestran agrupamientos en base a la composición de las especies por estación y por la cercanía altitudinal.

Las estaciones se agruparon en base a tres especies de carácidos: *Knodus orteguasae*, *Knodus megalops* y *Astyanax maximus*. Cabe resaltar que la mayoría de los agrupamientos se establecieron en cuencas separadas; sin embargo en un agrupamiento se vinculan ambas cuencas con estaciones ubicadas a mayores altitudes, debido a la presencia de *Knodus orteguasae*. Esto se entiende, debido a que se presentan en mayor número en la mayoría de las estaciones agrupadas, lo que nos muestra que tienen una distribución amplia en la zona estudiada, debido que estos han desarrollado la capacidad de poblar diferentes ambientes tropicales, como también el presentar una gran variedad de hábitos alimenticios (plasticidad trófica) que les permite aprovechar los recursos disponibles en el momento (Casatti *et al.*, 2001).

Además se evidencia una mayor similitud entre aquellas estaciones ubicadas cercanas entre sí a distintas elevaciones, patrón observado en ambas cuencas, esto confirma los cambios longitudinales de conjuntos de peces a lo largo de un gradiente altitudinal (río arriba-río abajo). Incluso, varios estudios señalan sobre la correspondencia entre la distribución de los peces y las variables ambientales (Oberdorff y Hughes, 1992; Barretto y Uieda, 1998; Uieda y Barretto, 1999), demostrando que los factores clave más importantes en la estructura de las comunidades de peces están relacionados con las características del hábitat, como el orden de los arroyos, la diversidad del hábitat y la flexibilidad (Peres-Neto *et al.*, 1995).

### **7.3.- Macrobentos**

#### **7.3.1.- Composición taxonómica, distribución y estructura**

Los resultados reportan 109 morfoespecies para toda el área de estudio. Particularmente para la cuenca del río Ponasa se registró 81 morfoespecies, reflejando una riqueza menor con la obtenida por Oyague (2005), quien también trabajó en la cuenca del río Ponasa, registrando 102 morfoespecies, esta diferencia tiene una gran influencia por la intensidad al momento del muestreo, con cinco réplicas por estación y el mayor número de puntos que abarcó su estudio que fue de 20 estaciones. Otro aspecto a tener en cuenta es la influencia que puede tener la intervención humana, el



cual está concentrada en la parte baja de la cuenca, ya sea por la contaminación de sus aguas o por la pérdida de vegetación ribereña, que podrían repercutir en el deterioro de los cuerpos de agua y por ende de los organismos que lo habitan.

La mayor riqueza macrobentónica corresponde a la clase Insecta, concidiendo con lo reportado por Oyague (2005) y Guevara (2013), quienes trabajaron en áreas de selva baja en los departamentos de San Martín y Madre de Dios, respectivamente; esto debido a que habitan casi todos los tipos de hábitats de agua dulce, desde charcos hasta ríos y lagos, incluyendo tanto los hábitats lénticos como los lóticos (Choudhary & Ahi, 2015). Por otro lado, de los macroinvertebrados no insectos, se registró a la especie introducida invasora *Melanoides tuberculata*, corroborando con lo registrado por Arenas *et al.*, (1999) en el departamento de San Martín y considerada causante de la disminución de las poblaciones o desaparición de las especies nativas (Ramírez *et al.*, 2003).

Los resultados muestran la predominancia en el área de estudio de los órdenes Diptera, Coleoptera y Ephemeroptera, con más del 60% del total de morfoespecies. Destacando al orden Diptera, por ser el grupo más grande, que contiene casi la mitad de todos los insectos acuáticos (Dijkstra *et al.*, 2014), debido a varios factores como a su gran capacidad para ocupar diversos microhábitats, adaptándose a entornos químicos y físicos extremos (Bouchard, 2009), pudiendo encontrarse algunos taxones extremadamente tolerantes habitando cuerpos de agua muy contaminados y además por poseer numerosos modos de alimentación (Dijkstra *et al.*, 2014). Esta mayor riqueza del orden esta contenida principalmente dentro de la familia chironomidae corroborando lo afirmado en varios estudios, siendo considerada como una de las familias con más amplia distribución en el mundo (Oliver, 1971; Ferrington, 2008; Trivinho-Strixino, 2011) y que domina en especies; esto debido a la diversidad ecológica extrema que posee, por ejemplo, sobreviven alturas de hasta 5,600 msnm (Koshima, 1984) y temperaturas del agua hasta 40 °C (Hayford *et. al*, 1995). Otro aspecto a considerar está relacionado con la gran variedad en sus modos de alimentación pudiendo ser recolectores, trituradores, raspadores y depredadores, dependiendo del alimento disponible en ese momento; por lo cual la mayoría de las especies presentan hábitos generalistas y oportunistas (Henriques-Oliveira *et. al*, 2003; )

Por otro lado, a lo largo del río, se producen cambios en la riqueza de macroinvertebrados bentónicos desde su origen hasta su desembocadura, observándose normalmente la mayor riqueza de especies en la parte baja (Jacobsen *et al.*, 1997; Jacobsen, 2004), posiblemente relacionado con la decreciente extensión del área hacia zonas de mayor altitud y las condiciones ambientales severas, como las bajas temperaturas en zonas altas (Jacobsen, 2003).

En el presente estudio, esa tendencia de aumento en el número de especies hacia zonas bajas, no se evidencia de forma clara, debido a que, si bien es cierto en los puntos a mayor altitud se observa una disminución de la riqueza, también se observa una disminución en algunos puntos ubicados en las zonas bajas, la explicación puede estar relacionada a que el área de estudio no presentó un amplio rango altitudinal, que sí lo presentaron los trabajos citados, otros factores y considero los principales son el mayor impacto humano que se presentan en altitudes más bajas, coincidiendo con algunos estudios realizados por Lang y Raymond (1993) y Brewin *et al.* (1995), quienes afirman que el efecto de la perturbación humana en relación con el uso de la tierra y el estado de la vegetación ribereña, especialmente en altitudes más bajas, pueden influir en los patrones observados y por último algunos factores abióticos propios de los sitios o las regiones como el tamaño del río, presencia de vegetación, entre otros y sobre todo los tipos de sustratos presentes deben ser factores a tomar en cuenta, debido a que el sustrato es considerado como uno de las principales variables ambientales físicas que afecta la riqueza de los taxones de macroinvertebrados (Duan *et al.*, 2008), de acuerdo a esto se observó que las zonas bajas en ambas cuencas presentaron poca variabilidad de sustrato impidiendo la mayor colonización de las especies, a diferencia de las zonas altas cuyo sustrato fue principalmente piedra y hoja, que son sustratos preferidos por ser estables y proteger a los organismos bentónicos frente a las perturbaciones ambientales (Reice, 1980).

Otro aspecto a considerar en la distribución de las morfoespecies son los cambios biológicos que se reproducen a lo largo del río como lo planteado por Vannote *et al.* (1980) en el “Concepto del río continuo” donde las comunidades de macroinvertebrados acuáticos cambian en composición funcional a medida que uno se mueva río abajo, los ríos en las zonas altas suelen ser más estrechos y dominados por una densa vegetación ribereña, por lo que los aportes de energía en estas áreas tienen una fuente alóctona (hojarasca), eso explica la dominancia de los grupos trituradores y recolectores a mayores elevaciones como los efemerópteros y los tricópteros (Tomanova *et al.*, 2007; Flint, 2008); en cambio, en las corrientes de orden medio, el ancho del río aumenta y la vegetación ribereña sombrea menos la corriente, lo que permite que más luz solar

alcance la superficie de la corriente, por lo que las fuentes alóctonas se reducen y las entradas autóctonas en forma de perifiton se vuelven más importantes (Minshall *et al.*, 1985). Como respuesta, la comunidad pasa a ser dominada por raspadores y recolectores (Tomanova *et al.*, 2007; Lujan *et al.*, 2013), en el que se encuentran algunos grupos de coleopteros y tricópteros, finalmente en las zonas de deposición se encuentran principalmente recolectores y depredadores (Vannote *et al.*, 1980; Sedell *et al.*, 1989). En este estudio se corrobora lo planteado anteriormente, en el cual se evidencia la dominancia de los órdenes Ephemeroptera (Baetidae: *Baetodes camelobaetidius*) y Trichoptera (Hidropsychidae: *Smicridea*) en las zonas a mayor altitud, para luego ir variando con la mayor dominancia de recolectores del orden Ephemeroptera (*Lachlania*) y depredadores del orden Odonata que habitan las raíces de las plantas (bancos vegetados) ubicados en las zonas mas bajas, donde el alimento principal es materia orgánica particulada fina.

La estructura comunitaria se caracterizó por dos morfoespecies dominantes en el área de estudio (*Camelobaetidius* 1 y *Smicridea* 1), distribuidos en los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera respectivamente, esta dominancia se debe a que las morfoespecies fueron registradas en la mayoría de las estaciones con sustrato pedregoso en zonas de rápido, que fue el sustrato mas recurrente en toda el área, confirmando ser típicas y más diversificadas en aguas de corrientes y a menudo muy abundantes (Huamantínco y Ortiz, 2010; Brittain, 1982; Barber-James *et al.*, 2008), debido a que están adaptados a adherirse fuertemente al sustrato, ya sea por medio de sus patas o garras tarsales robustas en el caso de *Smicridea* 1 y poseer un cuerpo achatado dorso-ventralmente como es el caso de *Camelobaetidius* 1, que les permite no ser arrastrados por la corriente (Hamada *et al.*, 2014).

### **7.3.2. Diversidad alfa y beta**

#### **7.3.2.1. Indices de diversidad**

Los resultados mostraron que los índices de diversidad para la cuenca del río Ponasa indicaron una diversidad alta; sin embargo, aún se presenta la dominancia de algunas morfoespecies en ciertas estaciones, esta alta diversidad observada en la cuenca se encontró principalmente en ambientes acuáticos de las zonas altas. Al igual que reportó Oyague (2005), estudiando la misma cuenca, debido probablemente al impacto que puede estar causando la ocupación humana a los cuerpos de agua de las zonas bajas, estos impactos estarían relacionados con la disminución de la vegetación de las riberas, cuyas raíces sirven como refugio para el macrobentos (Bis & Higler, 2001), y la inestabilidad de estas orillas por la cercanía a las zonas de cultivo (observación personal), lo cual genera la erosión y aumento de la entrega de sedimentos finos a los

cursos de agua (Jones *et. al*, 2011) obstruyendo las estructuras de alimentación de los invertebrados, por lo que se reduce la eficiencia de la alimentación, las tasas de crecimiento, causando estrés y mortalidad (Bilotta & Brazier, 2008). Por otro lado, esta relacionado a las características propias del hábitat, por la poca diversidad de sustratos como piedra u hojarasca, que sí se encontraron en las zonas altas de la cuenca, debido a que los hábitats estructuralmente complejos proporcionan una mayor variedad de nichos y reducen la probabilidad de exclusión competitiva, permitiendo que coexista una mayor cantidad de especies (Barnes *et. al*, 2013).

Por otro lado los resultados para la cuenca del río Mishquiyacu mostraron también una diversidad alta, a diferencia de la cuenca del río Ponasa, esta alta diversidad se presentó en todas las estaciones, con un alto valor de equidad ( $>0,8$ ), indicando una comunidad en equilibrio; sin embargo, los índices de diversidad calculados ( $H'$  y  $1-D$ ) no muestran una tendencia clara a lo largo del gradiente altitudinal, pero los valores mas altos de diversidad se encontraron en estaciones a mayores altitudes, esto debido a que presentaron una mayor variabilidad de sustratos (piedra y hojarasca), permitiéndole a las macroinvertebrados colonizar diferentes hábitats. Varios estudios han demostrado que el sustrato es la principal variable ambiental física que afecta la riqueza y densidad de los taxones de macroinvertebrados (Reice, 1980; Erman & Erman, 1984; Duan *et. al*, 2008), por lo que la poca variabilidad de sustratos en las zonas bajas es determinante en el establecimiento de las comunidades de macroinvertebrados. Cabe destacar a la estación E11, que pese a ser una de las estaciones con mayor riqueza tuvo los menores valores de diversidad ( $H'$  y  $1-D$ ) debido a la presencia de algunas morfoespecies dominantes como *Camelobaetidius 1* con 192 individuos, lo cual se corrobora con el bajo valor de equidad de Pielou ( $<0,8$ ).

#### **7.3.2.2. Curva de acumulación de especies**

Las curvas de acumulación obtenidas para cada cuenca, presentan una tendencia a seguir incrementando el número de morfoespecies. Entre estos, el estimador Jack 1 fue favorable para la cuenca del río Ponasa, porque demostró que el muestreo fue significativo, estimando una riqueza de 111 morfoespecies, representando una eficiencia de muestreo del 72,97% (81 morfoespecies observadas). Por otro lado, en la cuenca del río Mishquiyacu, el estimador Chao 2 fue el más favorable estimando 99 morfoespecies de las 87 observadas, representando una eficiencia de muestreo del 87,88%. Sin embargo, en base a los otros 2 estimadores para cada cuenca, la eficiencia del muestreo fue menor. A pesar de esto en la cuenca del río Mishquiyacu, los estimadores arrojan que la captura representó más del 77% de las morfoespecies esperadas, lo que difiere con la cuenca del río Ponasa cuyos estimadores arrojan que

la captura representó más del 71%, dando a entender que el esfuerzo de muestreo pudo ser mejorado para alcanzar una mayor cobertura de la riqueza en cada cuenca.

### **7.3.2.3. Análisis cluster**

El análisis de agrupamiento (clúster) aplicando el índice de similaridad Bray-Curtis para el área de estudio, muestran agrupamientos en base a la composición de las morfoespecies, influenciado por los tipos de sustratos muestreados. El primer agrupamiento se basó por la presencia de las morfoespecies *Camelobaetidius 1* y *Smicridea 1*, debido a que se presentaron en mayor número en las estaciones agrupadas. Por otro lado, la tendencia de los agrupamientos se relaciona de manera clara con los tipos de sustratos muestreados; es decir, las estaciones cuyos sustratos fueron pedregoso y hojarasca se agruparon, a diferencia de las estaciones cuyo sustrato muestreado fue únicamente bancos vegetados (vegetación en la orilla), estos resultados se deben a las características propias de cada hábitat, con respecto a la variabilidad de sustratos, en donde en las zonas a mayores elevaciones se encontró hábitats caracterizados por sustratos pedregosos combinados con arena, mayor velocidad de corriente y menores temperaturas, mientras que a menores elevaciones los sustratos fueron predominantemente finos (fango, limo, arcilla), menor velocidad de corriente y mayores temperaturas, en el cual el sustrato para el muestro se centró en las raíces de la vegetación ribereña (bancos vegetados), lo que corrobora que la estructura del hábitat afecta la composición de la comunidad en los ecosistemas, debido a la complejidad y heterogeneidad características de cada hábitat (Vinson & Hawkins, 1998).

### **Macrobentos en relación al sustrato**

El análisis de agrupamiento (NMDS), mostró diferencias estadísticas significativas en la composición de la comunidad de los macroinvertebrados asociados a los diferentes tipos de sustratos (Pedregoso, Hojarasca y Bancos vegetados). Estas diferencias significativas se centran en la poca similitud entre los sustratos hojarasca y pedregoso con el sustrato bancos vegetados, debido a que los distintos grupos de macroinvertebrados viven en variados hábitats acuáticos, más aún que la gran mayoría de los insectos acuáticos son bentónicos, el sustrato es de suma importancia para la supervivencia de estos organismos (Thorp y Covich, 2001). Así, unos viven enterrados en el sustrato; otros sobre él, adheridos a rocas, piedras y restos de vegetación; otros prefieren las orillas de ríos y lagos, donde viven adheridos a la vegetación ribereña; unos prefieren corrientes rápidas y otros, lentas; y por último, unos prefieren fondos lodosos; en cambio, otros, fondos arenosos o pedregosos (Roldan et al., 2008).

Los resultados al comparar los sustratos pedregoso y hojarasca, evidencian cierta similitud en la composición de los macroinvertebrados, esto pudo deberse a que al momento de muestrear en sustrato pedregoso, paquetes de hojas pudieron haber caído en la red surber, porque en algunos casos se pueden encontrar debajo de las piedras, esta similitud se basó principalmente por algunas morfoespecies de los órdenes Ephemeroptera (Baetidae); Trichoptera (Hydropsychidae) y Coleoptera (Elmidae), los cuales son típicos de ambientes lóticos, debido a que están adaptados a adherirse fuertemente al sustrato, ya sea por medio de sus patas o garras tarsales; por otro lado, presentan un cuerpo achatado dorso-ventralmente, ventosas en la superficie ventral del cuerpo, tubérculos en la superficie dorsal y otros producen seda como es el caso de algunas familias del orden Trichoptera.

Finalmente el sustrato que más se diferenció de los dos mencionados fue bancos vegetados, es decir, aquella vegetación ubicada a las orillas del río y cuyas raíces se encuentran sumergidas, siendo un sustrato importante para los macroinvertebrados río abajo. Estuvo compuesto principalmente por algunas morfoespecies del orden Coleoptera (Elmidae) como *Phanocerus* 1, *Hexacylloepus* 1 y *Microcyllloepus* 1, coincidiendo con lo observado por (Braun et al., 2017), que relaciona estos géneros con la vegetación ribereña, debido a que presentan una dieta detritívora-herbívora que los convierte en colectores y raspadores, además son característicos por presentar plasticidad alimentaria, adaptándose a disponibilidad de alimento presente en el medio, inclusive hay especies de *Microcyllloepus* que pueden soportar cambios en la calidad del agua, además encontramos géneros del orden Ephemeroptera (Baetidae) que habitan en las raíces de la vegetación e invertebrados no insectos como los gastrópodos (*Melanoidea* y *Asolene*).

#### **7.4.- Estado de conservación de los hábitats acuáticos**

##### **Índices bióticos**

Los resultados muestran que el estado de conservación de la cuenca del río Ponasa mediante los índices bióticos (IBI, BMWP/Col y EPT) fue buena en los ambientes acuáticos evaluados, que se encontraban generalmente a mayores elevaciones, en donde la ocurrencia de población humana es mínima, sin embargo hubieron dos estaciones localizadas a menores elevaciones en la cuenca, calificadas como de mala calidad, lo cual puede estar relacionado con la alta densidad poblacional presente en la zona, generando un efecto de perturbación a través de la contaminación y el uso de la tierra, debido a que la parte baja de la cuenca presenta una intensa actividad agrícola y mediana actividad ganadera como fue reportado por Oyague (2005), lo cual puede dar

lugar a la erosión de las zonas ribereñas (Jones *et. al*, 2011), generada por la disminución de la vegetación de la ribera, siendo muy importante en la integridad ecológica del ambiente acuático (Braun *et. al*, 2017) ya que funcionan como hábitat y fuente de alimento para los peces y macroinvertebrados (Godinho, 2009). Esto confirma lo dicho por Jacobsen (2008), sobre que el crecimiento de la población disminuye generalmente con el aumento de la altitud, por lo cual los ríos a mayores elevaciones generalmente tienen mejor calidad de agua que los ríos ubicados a bajas altitudes.

Con respecto a la cuenca del río Mishquiyacu el estado de conservación también mostró ambientes generalmente de buena calidad; pero a diferencia de la cuenca del río Ponasa no llegó a tener ambientes con calidad crítica, indicando tener un mejor estado de conservación de las dos cuencas. Se debe resaltar que en los dos primeros puntos, ubicados aguas arriba y cuya condición fue regular según el IBI, se debió a la complicación al momento del muestreo por ser una zona bastante accidentada, dificultando el trabajo de colecta y ocasionando la baja riqueza o abundancia de especies, pero que no se encuentran estrechamente relacionado al mal estado de conservación observado en los ambientes acuáticos.

Por otro lado, hubo una estación ubicada en la parte baja de la cuenca, calificada como condición mala, el cual registró niveles elevados de conductividad eléctrica (EC) y sólidos totales disueltos (TDS) (EC=3750  $\mu$ S/cm y TDS=1880 mg/l ), diferenciándose claramente de las otras estaciones, debido a la presencia de tributarios con alto nivel de sales, generados naturalmente al estar cercanos a montañas de sal, dificultando el establecimiento de comunidades maduras y diversas (Ortega *et. al*, 2007), afectando no solamente a la comunidad de peces, sino también generando un ambiente desfavorable para la comunidad macrobentónica.

### **Evaluación Visual de Cursos**

El hábitat físico de cualquier ecosistema acuático es una parte integral sobre la cual se construyen las estructuras biológicas de las comunidades residentes. La degradación del hábitat físico tiene graves consecuencias en las comunidades acuáticas y se encuentra entre las principales causas de deterioro de los ambientes acuáticos en todo el mundo (Vyas *et al.*, 2012).

En la mayor parte de las estaciones evaluadas en la cuenca del río Ponasa (71,43%), se obtuvieron calificación regular, debido principalmente a la reducción de la cobertura vegetal en las orillas, ocasionado por la creciente actividad forestal y la agricultura, corroborando lo observado por Oyague (2005), entre otras causas se encuentra la

presencia de basura y estiércol en algunas estaciones muestreadas. Sin embargo, las únicas dos estaciones calificadas como pobres, ubicadas a menores elevaciones y cerca a los centros poblados, presentaron características mas desfavorables como la evidente degradación de la zona ribereña, el cual tiene un papel importante en la integridad ecológica de los cuerpos de agua, minimizando la erosión de los bancos y filtrando la carga de nutrientes de las áreas, de esta manera se previene la contaminación del agua (Braun *et. al*, 2017), entre otros factores se encuentran la poca complejidad de hábitats para los peces y macroinvertebrados, debido a que cuanto mayor sea la variedad de características del hábitat, más probable será que el río presente una diversidad de especies acuáticas (Newton *et al.*, 1998). Esta baja calificación de algunas estaciones coincide con lo encontrado mediante los índices bióticos (Peces y macrobentos), lo que demuestra la estrecha relación entre la calidad del hábitat acuático y el grado de conservación del ambiente terrestre alrededor.

En la cuenca del río Mishquiyacu, la calidad del hábitat físico en su mayoría también tuvo condición regular, situados en zonas bajas en donde la población tiene un mayor contacto con los ambientes acuáticos, sin embargo ninguna de las estaciones tuvo una calificación mala como se registró para la cuenca del río Ponasa, lo que refleja tener ambientes acuáticos con un entorno físico mejor. Esta condición regular en la calidad del hábitat físico fue debido principalmente a la menor cobertura vegetal e inestabilidad de la orilla, generados por la presencia de áreas de cultivo que van disminuyendo la vegetación de las áreas ribereñas; además de una menor complejidad de hábitats para los peces y la presencia de basura. Sin embargo de todas las estaciones calificadas como regular, la estación E14 ubicada en el sector bajo de la cuenca, se diferenció de manera clara al presentar la menor calificación, debido a la poca variabilidad de sustratos para macroinvertebrados y el establecimiento de macroinvertebrados algo tolerantes a la contaminación, este resultado coincide con lo observado para esta estación mediante los índices bióticos.

Por otro lado, las dos estaciones que mostraron buenas condiciones físicas y ubicadas a mayores altitudes, se debieron a varios factores como: zonas ribereñas con buena cobertura vegetal y estabilidad de la orilla; buen enriquecimiento de nutrientes; complejidad de hábitats para los peces y variabilidad de los sustratos para los macroinvertebrados; estos resultados reafirman lo observado para estas estaciones con los índices bióticos, lo que demuestra que el hábitat físico es un elemento particularmente útil que debe considerarse para evaluar la salud de los ríos, ya que proporciona el vínculo natural entre el entorno físico y sus comunidades biológicas (Maddock, 1999).



## VIII. CONCLUSIONES

- Los ambientes evaluados mostraron características físicas y químicas diferenciables a lo largo del gradiente altitudinal, encontrándose dentro de las condiciones esperadas para el tipo de ecosistema amazónico.
- El presente estudio actualiza la lista de peces a 46 especies para la cuenca del río Ponasa.
- La composición de la ictiofauna siguió el patrón general de los ecosistemas acuáticos amazónicos, siendo dominado en riqueza y abundancia por los órdenes Characiformes y Siluriformes.
- La diversidad ictiológica en la cuenca del río Ponasa resultó ser moderada, mientras que la cuenca del río Mishquiyacu registró una diversidad baja, presentándose la dominancia de algunas especies.
- La composición del macrobentos indicó la dominancia del orden Diptera en riqueza de morfoespecies, lo cual estaría asociado a su gran capacidad para ocupar diversos microhabitats, adaptándose a entornos químicos y físicos extremos.
- La diversidad macrobentónica para ambas cuencas resultó ser alta, generalmente en la zona elevada, lo cual estaría relacionado a una mayor variabilidad de sustratos, permitiéndole a las macroinvertebrados colonizar diferentes hábitats.
- Se confirma los cambios longitudinales de conjuntos de peces y macrobentos a lo largo del gradiente altitudinal, lo cual estaría relacionado con las variables físicas y ambientales descritas.
- El estado de conservación de los ambientes acuáticos mediante los índices bióticos calificaron la mayoría de estaciones en buen estado, con nivel de impacto bajo o moderado y como pobres, estarían relacionados con la alta densidad poblacional de las zonas bajas, intensa actividad agrícola y mediana actividad ganadera.
- La calidad de los hábitats según el SVAP calificó como regular a la mayoría de las estaciones evaluadas y las calificadas pobres, presentaron evidente degradación de la zona ribereña e inestabilidad de la orilla y poca variabilidad de hábitats para los componentes biológicos, ubicadas a menores altitudes.
- Según los datos obtenidos de los índices bióticos y el SVAP los ambientes acuáticos en las cuencas se encuentran en buen estado, con un impacto generado posiblemente por aportes de contaminantes urbanos y la erosión en zonas deforestadas por cultivos, pero el efecto del mal estado en la zona baja estaría relacionado además a un proceso natural, asociado al incremento de la temperatura del agua, reducción de hábitats y mayores niveles de los sólidos suspendidos.

## **IX. RECOMENDACIONES**

- Es necesario realizar mayores estudios abarcando mas afluentes y priorizando las zonas de cabeceras, ya que la mayoría de las evaluaciones se centra en ríos mas grandes y aun falta mucho por descubrir en los tributarios pequeños.
- También, es importante incrementar el número de puntos de muestreo y en diferentes épocas del año (seca y húmeda), de esta manera, acercarnos a la riqueza real de la zona de estudio y adquirir una visión más amplia de la ictiofauna y el macrobentos.
- La información generada debe servir como apoyo para la elaboración de estrategias enfocados en la recuperación de la vegetación mediante un programa restauración ecológica en las riberas, siendo un aporte no solo al conocimiento de parte importante de la biota acuática de la ZA-PNCAZ ; sino tambien del estado de conservación de las cuencas.
- Seguimiento de las actividades de restauración a través de monitoreos y compartir los resultados con la comunidad.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abell, R. (2002). Conservation biology for the biodiversity crisis: a freshwater follow-up. *Conservation Biology*, 1435-1437.
- Abell, R., Thieme, M. L., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., & et al. (2008). Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater. *Biodiversity Conservation*, 403-414.
- Abell, R., Thieme, M. L., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Bogutskaya, N., Bussing, W. (2008). Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. *BioScience*, 403–414.
- Albert, J. (2001). Species Diversity and Phylogenetic Systematics of American Knifefishes (Gymnotiformes, Teleostei) (1 ed.). (M. o. Division of Ichthyology, Ed.) Michigan: Miscellaneous publications.
- Albert, J. S., & Reis, R. E. (2011). Introduction to Neotropical Freshwaters. En J. S. Albert, & R. E. Reis, *Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes* (págs. 1-20). Berkeley: University of California Press.
- Albert, J. S., Petry, P., & Reis, R. E. (2011). Major Biogeographic and Phylogenetic Patterns. En J. S. Albert, & R. E. Reis, *Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes* (págs. 21-58). Berkeley: University of California Press.
- Armbruster, J. W. (2003). The species of the *Hypostomus cochliodon* group (Siluriformes: Loricariidae). *Zootaxa*, 1-60.
- Angermeier, P. L., & Karr, J. R. (1983). Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. *Environmental Biology of Fishes*, 117–135.
- Angermeier, P. L., & Schlosser, I. J. (1989). Species-Area Relationship for Stream Fishes. *Ecology*, 1450-1462.
- Araujo, A., Alvarez, J. y Rojas, F. 2007. Experiencias de Manejo Pesquero Comunitario en Lagos y Bosques Inundables de la RNAM. Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana-BIODAMAZ, Perú – Finlandia.p. 45 pp.
- Arenas, J., Garcia, E., & Huamán, P. (1999). Distribución geográfica de *Melanoides tuberculata* (Muller, 1774) (Prosobranchia: Thiaridae) en el Perú. Libro de Resúmenes del IV Congreso Latinoamericano de Malacología (IV CLAMA) y III Encuentro Nacional de Investigadores en Malacología de Chile. (III EIMCH).
- Azevedo, M. A. (2010). Características reproductivas de las especies de peces carácidos (Teleostei, Characiformes) y su relación con el tamaño corporal y la filogenia. *Iheringia, Sér. Zool*, 469-482.
- Barber-James, H. M., Gattolliat, J.-L., Sartori, M., & Hubbard, M. D. (2008). Global diversity of mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia*, 339–350.

- Barletta, M., Jauregizar, A. J., Baigun, C., Fontoura, N. F., Agostinho, A. A., Almeida-Val, V. M., Corrêa, M. F. (2010). Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *Journal of Fish Biology*, 2118-2176.
- Barnes, J. B., Vaughan, I. P., & Ormerod, S. J. (2013). Reappraising the effects of habitat structure on river macroinvertebrates. *Freshwater Biology*, 1-14.
- Barretto, M. G., & Uieda, V. S. (1998). Influence of the abiotic factors on the ichthyofauna composition in different orders stretches of Capivara River, São Paulo State, Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 2180-2183.
- Beecher, H. A., Dott, E. R., & Fernau, R. F. (1988). Fish species richness and stream order in Washington State streams. *Environmental Biology of Fishes*, 193–209.
- Benke, A. C., Van Arsdall, T. C., Gillespie, D. M., & Parrish, F. K. (1984). Invertebrate productivity in a subtropical blackwater river: The importance of habitat and life history. *Ecological Monographs*, 25-63.
- Bilotta, G. S. & Brazier, R. E. (2008). Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Journal of Water Research*, vol. 42: 2849–2861.
- Bis, B., & Higler, L. W. (2001). Riparian vegetation of streams and the macroinvertebrate community structure. *Ecohydrology and Hydrobiology*, 253-261.
- Böhlke, J. (1953). Studies on fishes of the family Characidae. *Annals and Magazine of Natural History*, 658-664.
- Bouchard, R. W. (2009). Guide to Aquatic Invertebrate Families of Mongolia Identification, Manual for Students, Citizen Monitors, and Aquatic Resource Professionals, Chironomidae ResearchGroup, University Of Minnesota . Minnesota: St. Paul.
- Braun, B., Kotzian, C. B., & Pires, M. M. (2017). Effects of riparian vegetation width and substrate type on riffle beetle community structure. *Entomological Science*, 66–75.
- Brewin, P. A., Newman, T. M., & Ormerod, S. J. (1995). Patterns of macroinvertebrate distribution in relation to altitude, habitat structure and land use in streams of the Nepalese Himalaya. *Archiv fur Hydrobiologie*, 79-100.
- Briggs, J. C. (2005). The biogeography of otophysan fishes (Ostariophysi: Otophysi): a new appraisal. *Journal of Biogeography*, 287-294.
- Brittain, J. E. 1982. Biology of mayflies. *Annual Review of Entomology*, 119-147.
- Brown, J. H., & Lomolino, M. V. (1998). *Biogeography*. Massachusetts: Sinauer Associates.

- Buisson, L., Thuiller, W., Lek, S., Lim, P., & Grenouillet, G. (2008). Climate change hastens the turnover of stream fish assemblages. *Global Change Biology*, 2232–2248.
- Cairns, J., & Pratt, J. R. (1993). A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. En D. M. Rosenberg, & V. H. Resh, *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates* (págs. 10-27). New York: Chapman & Hall.
- Canfield, J. G., & Eaton, R. C. (1990). Swimbladder acoustic pressure transduction. *Nature*, 760-762.
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Quito: EcoCiencia.
- Carvajal-Quintero, J. D., Escobar, F., Alvarado, F., Villa-Navarro, F. A., Jaramillo-Villa, U., & Maldonado-Ocampo, J. A. (2015). Variation in freshwater fish assemblages along a regional elevation gradient in the northern Andes, Colombia. *Ecology and Evolution*, 2608-2620.
- Carvajal-Quintero, J. D., Escobar, F., Alvarado, F., Villa-Navarro, F. A., Jaramillo-Villa, U., & Maldonado-Ocampo, J. A. (2015). Variation in freshwater fish assemblages along a regional elevation gradient in the northern Andes, Colombia. *Ecology and Evolution*, 2608-2620.
- Casatti, L., Langeani, F., & Castro, R. M. (2001). Peixes de riacho do parque estadual Morro do Diabo, Bacia do Alto Paraná, São Paulo. *Biota Neotropical*, 1-15.
- Choudhary, A., & Ahi, J. (2015). Biodiversity of freshwater insects: a review. *Journal Of Engineering And Science*, 2319 – 1805.
- Chuctaya, J. A. (2014). Diversidad de la Ictiofauna y variaciones espacio temporales en los ambientes Lénticos de la cuenca del río Ampiyacu (Loreto) en el período agosto 2009 – julio 2010. Lima: UNMSM.
- Colwell, R. K. (30 de Enero de 2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Obtenido de <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Contador, T. A., Kennedy, J. H., & Rozzi, R. (2012). The conservation status of southern South American aquatic insects in the literature. *Biodiversity Conservation*, 2095-2107.
- Correa, P. O. (1982). Estudios para la Explotación Pesquera Integral a nivel comercial en la Selva Alta-Microregión Huallaga Central-Bajo Mayo. Lima: Mipe. Inf. Final.
- Correa, E., & Ortega, H. (2010). Diversidad y variación estacional de peces en la cuenca baja del río Nanay, Perú. *Rev. peru. biol*, 037- 042.

- Covain, R., & Fisch-Muller, S. (2007). The genera of the Neotropical armored catfish subfamily Loricariinae (Siluriformes: Loricariidae): a practical key and synopsis. *Zootaxa*, 1-40.
- Crampton, W. (2011). An Ecological Perspective on Diversity and Distributions. En J. Albert, & R. Reis, *Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes* (págs. 165-189). Berkeley: University of California Press.
- Cummins, K. W. (1974). Structure and Function of Stream Ecosystems. *BioScience*, 631-641.
- De Queiroz, L. J., Torrente-Vilara, G., Massaharu, W., Da Silva Pires, T. H., Zuanon, J., & Rodrigues, C. (2013). *Peixes do rio Madeira*. Sao Paulo: Diaeto Latin American Documentary.
- De Rham, P., Hidalgo, M., & Ortega, H. (2001). Los Peces del Biabo-Cordillera Azul. En: "Perú: Biabo Cordillera Azul". En W. S. Alverson, L. O. Rodríguez, & D. Moskovits, *Rapid Biological Inventories Report 2* (págs. 64-69). Chicago: The Field Museum.
- Derraik, J. G., Closs, G. P., Dickinson, K. J., Sirvid, P., Barratt, B. I., & Patrick, B. H. (2002). Arthropod morphospecies versus taxonomic species: a case study with Araneae, Coleoptera, and Lepidoptera. *Conservation Biology*, 1015-1023.
- Dijkstra, K.-D. B., Monaghan, M. T., & Pauls, S. U. (2014). Freshwater Biodiversity and Aquatic Insect Diversification. *Annu. Rev. Entomol*, 43–63.
- Domínguez, E., & Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y Biología* (1 ed.). (E. Domínguez, & H. Fernández, Edits.) Tucumán: Fundación Miguel Lillo.
- Dominguez, E., Molineri, C., & Pescador, M. (2006). *Ephemeroptera of South America*. Sofia-Moscow: Pensoft.
- Duan, X., Wang, Z., & Tian, S. (2008). Effect of streambed substrate on macroinvertebrate biodiversity. *Frontiers of Environmental Science & Engineering in China*, 122–128.
- Eigenmann, C., & Allen, W. (1942). *Fishes of western South America*. I. The intercordilleran and Amazonian lowlands of Peru. II. The high pampas of Peru, Bolivia, and northern Chile. With a revision of the Peruvian Gymnotidae and of the genus *Orestias* (1 ed.). (N. Press, Ed.) Kentucky.
- Eschmeyer, W. N., & Fong, J. D. (1 de September de 2017). *Catalog of fishes*. Species by family/subfamily. Obtenido de: <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/speciesbyfamily.asp>.

- Escurra, A. (2017). Diversidad ictiológica y estado de conservación del río Mayo (provincias de Rioja, Moyobamba y Lamas), cuenca del río Huallaga, San Martín (2006 - 2017). Lima: UNMSM.
- Erman D. C & Erman, N. A (1984). The response of stream invertebrates to substrate size and heterogeneity. *Hydrobiologia*, 75–82.
- Ferreira, J. M., & Gorayeb, I. D. (2014). Description of immatures and association with adults of three species of *Anacroneuria* Klapálek (Plecoptera: Perlidae) of the Brazilian Amazon. *Zootaxa*, 17-32.
- Ferrington, L.C. 2008. Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta-Diptera) in freshwater. *Hydrobiologia*, 447–55.
- Flint, O. S. (2008). Trichoptera collected by Prof. Dr. J. Illies in the Chilean Subregion. *Journal Beitrage zur Neotropischen Fauna*, 45-68.
- Galvis, G., Mojica, J. I., Duque, S., Castellanos, C., Sánchez-Duarte, P., Arce, M., Leiva, M. (2006). *Peces del medio Amazonas, Región de Leticia*. Bogotá: Editorial Panamericana.
- Gery, J. (1977). *Characoids of the world* (1 ed.). (T.F.H, Ed.) New Jersey: T.F.H. Publications, Inc. Lid.
- Gorman, O. T., & Karr, J. R. (1978). Habitat Structure and Stream Fish Communities. *Ecology*, 507-515.
- Grimaldo, W. Y. (1998). Determinación de la integridad ecológica de un ecosistema acuático con base en monitoreos biológicos. *Gealcer Magazine*, 25 –33.
- Godinho, F. N. (2009). Fish and riparian vegetation. *FRESHWATER FISH*, 96-100.
- Guevara, C. H. (2013). Evaluación de la comunidad de macroinvertebrados de bancos vegetados en quebradas contaminadas por minería aurífera. Madre de Dios-Perú. Lima: UNSM.
- Hamada, N., Nessimian, J., & Querino, R. (2014). *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Manaus: INPA.
- Hayford, B. L., J. E. Sublette & S. J. Herrmann, (1995). Distribution of chironomids (Diptera: Chironomidae) and ceratopogonids (Diptera: Ceratopogonidae) along a Colorado thermal spring effluent. *Journal of the Kansas Entomological Society (Special Publication 1)*, 77–92.
- Hauer, F. R., & Resh, V. H. (1996). Macroinvertebrates. En G. Lamberti, & F. R. Hauer, *Methods in Stream Ecology* (págs. 339-369). New York: Academy Press.
- Heckman, C. (2008). *Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Odonata* (1 ed.). (C. Heckman, Ed.) Hamburg: Springer.

- Henriques-Oliveira, A. L., Nessimian, J. L., & Dorvillé, L. F. (2003). Hábitos alimentares das larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) de um riacho na Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brasil. *Brazilian Journal of Biology*, 269-281.
- Hidalgo, M., & Pequeño, T. (2005). Evaluación Rápida de la diversidad y usos de los peces en el Valle del Ponasa. CIMA, Lima, Lima.
- Holt, D. E., & Johnston, C. E. (2011). Can you hear the dinner bell? Response of cyprinid fishes to environmental. *Animal Behaviour*, 529-534.
- Huamantínco, A., & Ortiz, W. (2010). Clave de géneros de larvas de Trichoptera (Insecta) de la Vertiente Occidental de los Andes, Lima, Perú. *Rev. peru. biol.*, 075-080.
- Hynes, H. B. (1972). *The Ecology of Running Waters*. Ontario: University of Toronto Press.
- Illies, J. (1969). Biogeography and ecology of Neotropical freshwater insects, especially those from running waters. En E. J. Fittkau, J. Illies, H. Klinge, & G. H. Schwabe, *Biogeography and Ecology in South America* (págs. 685-708). La Haya: Dr. W.Junk. N.V.
- Isbrucker, I. (1981). Revision of Loricaria Linnaeus, 1758 (Pisces, Siluriformes, Loricariidae). Amsterdam: Institute of Taxonomic Zoology.
- Jacobsen, D. (2003). Altitudinal changes in diversity of macroinvertebrates from small streams in the Ecuadorian Andes. *Arch. Hydrobiol.*, 145–167.
- Jacobsen, D. (2004). Contrasting patterns in local and zonal family richness of stream invertebrates along an Andean altitudinal gradient. *Freshwater Biology*, 1293 - 1305.
- Jacobsen, D. (2008). Tropical High-Altitude Streams. En D. Dudgeon, *Tropical Stream Ecology* (págs. 219-256). London: Academic Press.
- Jacobsen, D., Shultz, R., & Encalada, A. C. (1997). Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude. *Freshwater Biology*, 247 - 261.
- Jaramillo - Villa, U., Maldonado - Ocampo, J. A., y Escobar, F. (2010). Altitudinal variation in fish assemblage diversity in streams of the central Andes of Colombia. *Journal of Fish Biology*, 2401–2417.
- Jiménez-Valverde, A., y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 151-161.
- Jones, J. I., Murphy, J. F., Collins, A. L., & Sear, D. A. (2011). The Impact Of Fine Sediment On Macro-Invertebrates. *River Research and Applications*, 1055-1071.



- Karr, J. (1991). Biology Integrity: a long - neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications*, 55-68.
- Karr, J., & Dudley, D. (1981). Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management*, 55-68.
- Kaushala, S. S., Likens, G. E., Paced, M. L., Ryan M. Utz, Haq, S., Gorman, J., & Grese, M. (2017). Freshwater salinization syndrome on a continental scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1-10.
- Kulander, S. (1986). *Cichlid Fishes of the Amazon River Drainage of Peru* (1 ed.). (D. o. Zoology, Ed.) Stocokholm: Swedish Museum of Natural History.
- Koshima, S., (1984). A novel cold-tolerant insect found in a Himalayan glacier. *Nature*, 225–227.
- Lang, C., & Reymond, O. (1993). Empirical relationships between diversity of invertebrate communities and altitude in rivers: Application to biomonitoring. *Aquatic Sciences*, 188–196.
- Lenat, D. R., & Resh, V. H. (2001). Taxonomy and Stream Ecology: The Benefits of Genus- and Species-Level Identifications. *Journal of the North American Benthological Society*, 287-298.
- Lomolino, M. V. (2001). Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology & Biogeography*, 3-13.
- Londoño-Burbano, A., Román-Valencia, C., & Taphorn, D. C. (2011). Taxonomic review of Colombian *Parodon* (Characiformes: Parodontidae), with descriptions of three new species. *Neotropical Ichthyology*, 709-730.
- Lujan, N. K., Roach, K. A., Jacobsen, D., Winemiller, K. O., Meza, V., Rimarachín, V., & Arana, J. (2013). Aquatic community structure across an Andes-to-Amazon fluvial gradient. *Journal of Biogeography*, 1-14.
- Lundberg, J. G., Kottelat, M., Smith, G. R., Stiassny, M. L., & Gill, A. C. (2000). So Many Fishes, So Little Time: An Overview of Recent Ichthyological Discovery in Continental Waters. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 26-62.
- Maddock, I. (1999). The importance of physical habitat assessment for evaluating river health. *Freshwater Biology*, 373-391.
- Mago-Leccia, F. (1994). *Electric fishes of the Continental waters of America* (1 ed.). (FUDECI, Ed.) Caracas: Biblioteca de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. New Jersey: Blackwell Science Ltd.
- Maier, C. A. (2013). A revision of the Larainae (Coleoptera, Elmidae) of Venezuela, with description of nine new species. *Zookeys*, 33-91.

- Maldonado-Ocampo, J. A., Ortega-Lara, A., Usma, J. S., Galvis, V. G., Villa-Navarro, F. A., Vásquez, G. L., Ardila, R. C. (2005). Peces de los Andes de Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos «Alexander von Humboldt».
- Meza, V. (2014). Ictiofauna y estado de conservación de los hábitats acuáticos entre Aucayacu y Tocache : cuenca del río Huallaga (Huánuco-San Martín). Tesis, UNMSM, Lima, Lima.
- Minshall, G. W., Cummins, K., Petersen, R. C., Cushing, C. E., Bruns, D. A., Sedell, J. R., & Vannote, R. L. (1985). Developments in Stream Ecosystem Theory. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1045-1055.
- Morse, J. C. (2009). Biodiversity of aquatic insects. En R. G. Footit, & P. H. Adler, Insect biodiversity: science and society (págs. 165-184). Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Morse, J. C., Chapin, J. W., Herlong, D. D., & Harvey, R. S. (1980). Aquatic insects of Upper Three Runs Creek, Savannah River Plant, South Carolina. Part I: Orders other than Diptera. Journal of the Georgia Entomological Society, 73-101.
- Newton, B., Pringle, C., & Bjorkland, R. (1998). Stream Visual Assessment Protocol. Washington: Natural Resources Conservation Service.
- Oberdorff, T., Guilbert, E., & Lucchetta, J.-C. (1993). Patterns of fish species richness in the Seine River basin, France. Hydrobiologia, 157–167.
- Oberdorff, T., & Hughes, R. M. (1992). Modification of an index of biotic integrity based on fish assemblages to characterize rivers of the Seine Basin, France. Hydrobiologia, 117–130.
- Olson, D., Dinerstein, E., Canevari, P., Davidson, I., Castro, G., Morisset, V., Toledo, E. (1998). Freshwater biodiversity of Latin America and the Caribbean: a conservation assessment. Washington: Biodiversity Support Program.
- Ortega, H., & Chang, F. (1998). Peces de aguas continentales del Perú. En G. Halfter, Diversidad Biológica en Iberoamérica III (págs. 151-160). Veracruz: Instituto de Ecología, Asociación civil.
- Ortega, H., Hidalgo, M., & Correa, E. (2014). Peces en el Bajo Urubamba, Cusco, Perú. Lima: Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea.
- Ortega, H., Hidalgo M, Trevejo G, Correa E., Meza V, Cortijo A.M. y Espino J. (2012). Lista anotada de peces de aguas continentales del Perú: Estado actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación (2da. ed.). Ministerio de Ambiente, Ed. Lima: Punto y Grafía S.A.C.

- Ortega, H., Rengifo B., Palma C. y Samanez I. (2007). Diversidad y el estado de conservación de cuerpos de agua Amazónicos en el Nororiente del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 3(13).
- Ortega, H., Chocano L, Palma C, y Samanez I. (2010). Biota acuática en la Amazonia Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco – Ucayali). *Rev. peru. biol.*, 029-035.
- Ortega, H., Guerra, H., & Ramírez, R. (2007). The Introduction of Nonnative Fishes into Freshwater Systems of Peru. *Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities*, 247-278.
- Ortega, H., Hidalgo, M., y Bertiz, G. (2003). Peces del río Yavarí. En N. Pitman, C. Vriesendorp, & D. Moskovits, *Perú: Yavarí. Rapid Biological Inventories Report 11* (págs. 59-63). Chicago: The Field Museum.
- Ortega, H., Hidalgo, M., Salcedo, N., Castro, E., & Riofrío, C. (2001). Diversity and Conservation of Fish of the Lower Urubamba Region, Peru. En A. A. Dallmeier, & P. Campbell, *Urubamba: Biodiversity of a Peruvian Rainforest* (págs. 143-150). Washington, D.C.: Smithsonian Institution.
- Osborne, L. L., & Wiley, M. I. (1992). Influence of Tributary Spatial Position on the Structure of Warmwater Fish Communities. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 671-681.
- Oyague, E. (2005). Invertebrados bentónicos de la cuenca del río Ponasa, diversidad, abundancia y utilidad como indicadores biológicos. Lima: CIMA.
- Oyague, E. (2006). Informe de monitoreo de calidad de aguas, cuenca del río Ponasa. Informe monitoreo, CIMA, Lima, Lima.
- PEISA. (2003). Atlas departamental del Perú. Lima: Ediciones PEISA S.A.C.
- Peres-Neto, P. R., Bizerril, P. R., & Iglesias, R. (1995). An overview of some aspects of river ecology: a case study on fish assemblages distribution in an eastern Brazilian coastal river. *Oecologia Brasiliensis*, 317-334.
- Popper, A. N., & Fay, R. R. (2010). Rethinking sound detection by fishes. *Hearing*, 25-36.
- Rahbek, C. (1995). The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography*, 200-205.
- Rajakaruna, H., Drake, A., Chan, F. T., & Bailey, S. A. (2016). Optimizing performance of nonparametric species richness estimators under constrained sampling. *Ecology and Evolution*, 7311-7322.
- Ramírez, R., Paredes, C., & Arenas, J. (2003). Moluscos del Perú. *Rev. Biol. Trop.*, 225-284.

- Reece, P., & Richardson, J. S. (2000). Biomonitoring with the reference condition approach for the detection of aquatic ecosystem at risk. En L. M. Dearling, Proceedings of conference on the biology and management of species and habitats at risk (págs. 549-552). B.B.: Kamloops.
- Reis, R., Albert, J., Di Dario, F., Mincarone, M., Petry, P., & Rocha, L. (2016). Fish biodiversity and conservation in South America. *Fish Biology*, 1-36.
- Reice, S. R. (1980). The role of substratum in benthic macroinvertebrate microdistribution and litter decomposition in a Woodland stream. *Ecology*, 580-590.
- Retzer, M. E., & Page, L. M. (1996). Systematic of the Stick Catfishes, Farlowella Eigenmann & Eigenmann (Pisces, Loricariidae). *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 33-88.
- Ribeiro Neto, F. B., Höfling, J. C., Ferreira, L. I., & Romano, C. E. (1998). Distribuição, reprodução y alimentação de *Galeocharax knerii* no reservatório de Salto Grande, macro-regiões de Campinas, SP. *Bioikos*, 19-25.
- Ríos-Villamizar, E., Piedade, M., Da Costa, J., Adeney, J., & Junk, W. (2014). Chemistry of different Amazonian water types for river classification: a preliminary review. *Water and Society*, 17-28.
- Ríos-Villamizar, E. A., Piedade, M. T., Junk, W. J., & Waichman, A. V. (2017). Surface water quality and deforestation of the Purus river basin, Brazilian Amazon. *Int Aquat Res*, 81-88.
- Roldán, G. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia (5 ed.). (U. d. Antioquia, Ed.) Bogotá: Bogotá: FEN, Colciencias, Universidad de Antioquia.
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del Agua en Colombia. Antioquia: Universidad de Antioquia.
- Roldan, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 254-274.
- Roldan, G., & Ramírez, J. J. (2008). Fundamentos de limnología Neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Roy, A. H., Rosemond, A. D., Leigh, D. S., Paul, M., & Wallace, J. B. (2003). Habitat-specific responses of stream insects to land disturbance: Biological consequences and monitoring implications. *Journal of the North American Benthological Society*, 292-307.
- Sala, O. E., Chapin, S., Armesto, J. J., Berlo, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Leemans, R. (2000). Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, 1770-1774.

- Salcedo, N. J. (2006a). New Species of *Chaetostoma* (Siluriformes: Loricariidae) from Central Peru. *Copeia*, 60-67.
- Salcedo, N. J. (2006b). Two new species of *Chaetostoma* (Siluriformes: Loricariidae) from the Huallaga River in central Peru. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 207-220.
- Salcedo, N. J., Rodriguez, D., Strauss, R. E., & Baker, R. J. (2011). The Fitzcarrald Arch: A Vicariant Event for *Chaetostoma* (Siluriformes: Loricariidae) Speciation? *Copeia*, 503-512.
- Saunders, D., Meeuwig, J., & Vincent, C. (2012). Freshwater protected areas: strategies for conservation. *Conservation Biology*, 30-41.
- Scatena, F. N., & Gupta, A. (2012). Streams of the montane humid tropics. En J. Shroder, & E. Wohl, *Treatise on geomorphology* (págs. 1-16). San Diego: Academic Press.
- Schlosser, I. J. (1982). Fish Community Structure and Function along Two Habitat Gradients in a Headwater Stream. *Ecological Monographs*, 395-414.
- Sedell, J. R., Richey, J. E., & Swanson, F. J. (1989). The river continuum concept: A basis for the expected ecosystem behavior of very large rivers? En D. P. Dodge, *Proceedings of the International Large River Symposium* (págs. 49-55). Toronto: Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences.
- Segnini, S. (2003). El uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos*, 45-63.
- SERNANP. (2012). Plan Maestro Parque Nacional Cordillera Azul. Lima: CIMA- Centro de Conservación, Investigación y Manejo de Áreas Naturales.
- Sganga, J. V., & Fontanarrosa, M. S. (2006). Contribution to the knowledge of the preimaginal stages of the genus *Smicridea* McLachlan in South America (Trichoptera: Hydropsychidae: Smicrideinae). *Zootaxa*, 1-15.
- Sioli, H. (1984). The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. En H. Sioli, *The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin* (págs. 127-166). Dordrecht: W. Junk Publishers.
- Silva, J. C., Gubiani, É. A., & Delariva, R. L. (2014). Use of food resources by small fish species in Neotropical rivers: responses to spatial and temporal variations. *Zoologia*, 435-444.
- Sweeney, B. W., Jackson, J. K., & Flowers, R. W. (2006). Moore Foundation Peru Project Final Report. Pennsylvania: Water Research Center.

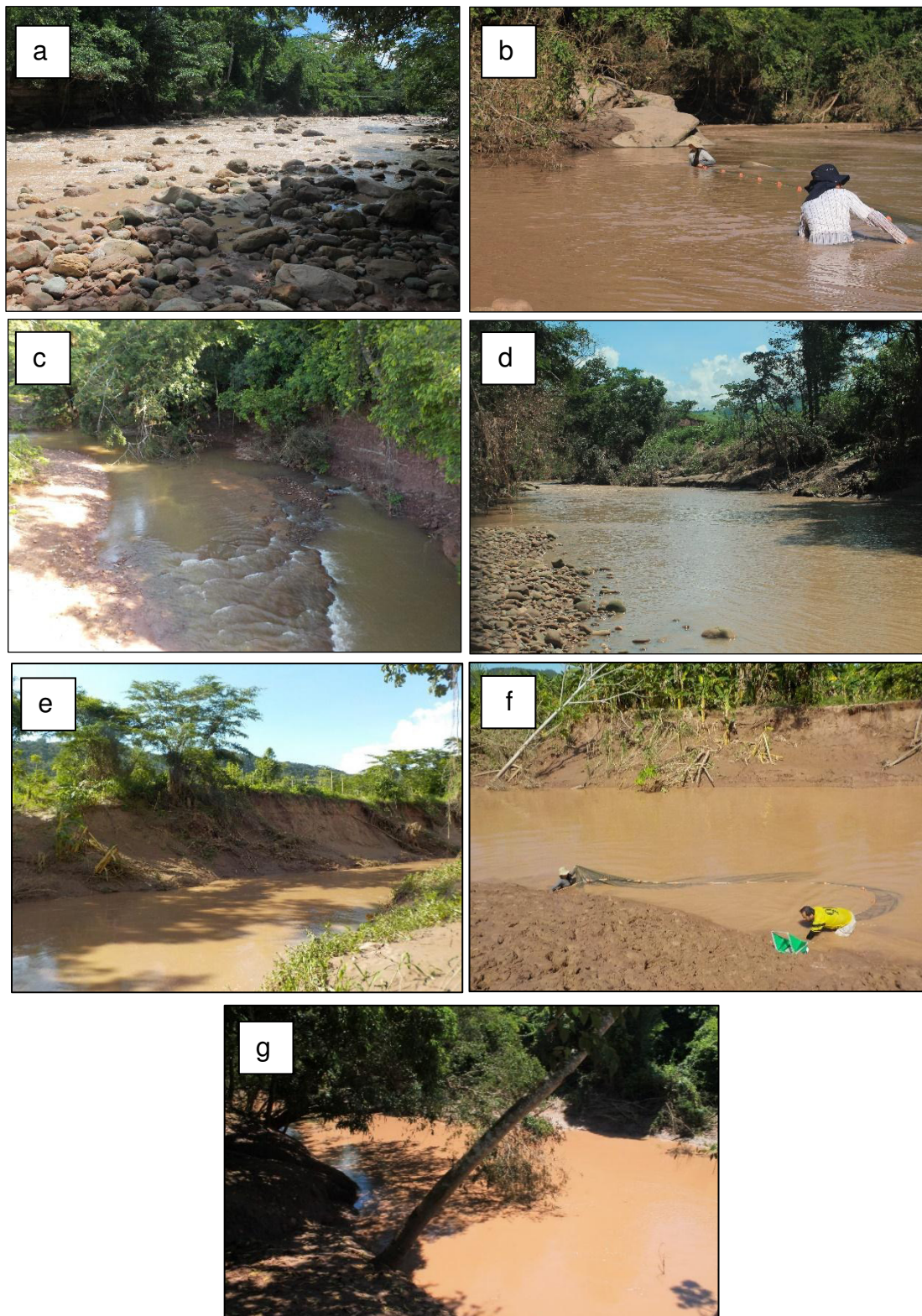
- Thorp, J. H., & Covich, A. (2001). An overview of freshwater habitats. En J. H. Thorp, & A. P. Covich, *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates* (págs. 19-41). New York: Academic Press.
- Tomanova, S., Tadesco, P. A., Campero, M., Van Damme, P. A., Moya, N., & Oberdorff, T. (2007). Longitudinal and altitudinal changes of macroinvertebrate functional feeding groups in neotropical. *Fundamental and Applied Limnology*, 233–241.
- Uieda, V., & Barretto, M. G. (1999). Composição da Ictiofauna de quatro trechos de diferentes ordens do Rio Capivara, Bacia do Tietê, Botucatu, São Paulo. *Rev. Bras. de Zootecias*, 55-67.
- Umaña, A. M., Ospina, M., Mendoza-Cifuentes, H., Gast, F., Fagua, G., Escobar, F., Villareal, H. M. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Valenzuela, L. M. (2018). Diversidad, distribución de la ictiofauna en el gradiente altitudinal y estado de conservación del Río Huallaga (Pasco - Huánuco – San Martín). Lima: UNMSM.
- Van der Sleen, P., & Albert, J. S. (2017). *Field Guide to the Fishes of the Amazon, Orinoco, and Guianas*. New Jersey: Princeton University Press.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980). The River Continuum Concept. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 130-137.
- Vari, R. (1982-1995). *Systematics of the neotropical characiform*. Washington: Smithsonian institution press.
- Vari, R. P. (1991). *Systematics of the Neotropical Characiform Genus Steindachnerina Fowler (Pisces: Ostariophysi)*. Washington: Smithsonian Institution Press.
- Vari, R. P., & Harold, A. S. (2001). *Phylogenetic Study of the Neotropical Fish Genera Creagrutus Günther and Piabina Reinhardt (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes), with a Revision of the Cis-Andean Species*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Vieira, T. B., & Tejerina-Garro, F. L. (2014). Avaliação das assembleias de peixes of riachos of diferentes ordens na bacia do alto rio Paraná, Brasil Central. *Iheringia, Série Zoologia*, 175-183.
- Vinson, M. R., & Hawkins, C. P. (1998). Biodiversity of stream insects: variation at local, basin and regional scales. *Annual Review of Entomology*, 271–293.

- Vyas, V., Kumar, A., Parashar, V., & Tomar, S. (2012). Physical Habitat Assessment of River Denwa Using GIS. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 127–139.
- Warren, C. E. (1971). *Biology and Water Pollution Control*. Philadelphia: W. B. Saunders Company.
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon*, 213-251.
- Willink, P. W., Chernoff, B., & McCullough, J. (2005). A Rapid Biological Assessment of the Aquatic Ecosystems. Washington, DC: RAP Bulletin of Biological Assessment 33.
- Zamudio, J., Urbano-Bonilla, A., Maldonado-Ocampo, J. A., Bogotá-Grégory, J. D., & Cortés-Millán, G. A. (2008). Hábitos alimentarios de diez especies de peces del piedemonte del departamento del Casanare, Colombia. *Dahlia Rev Asoc Colomb Ictiol*, 43-56.



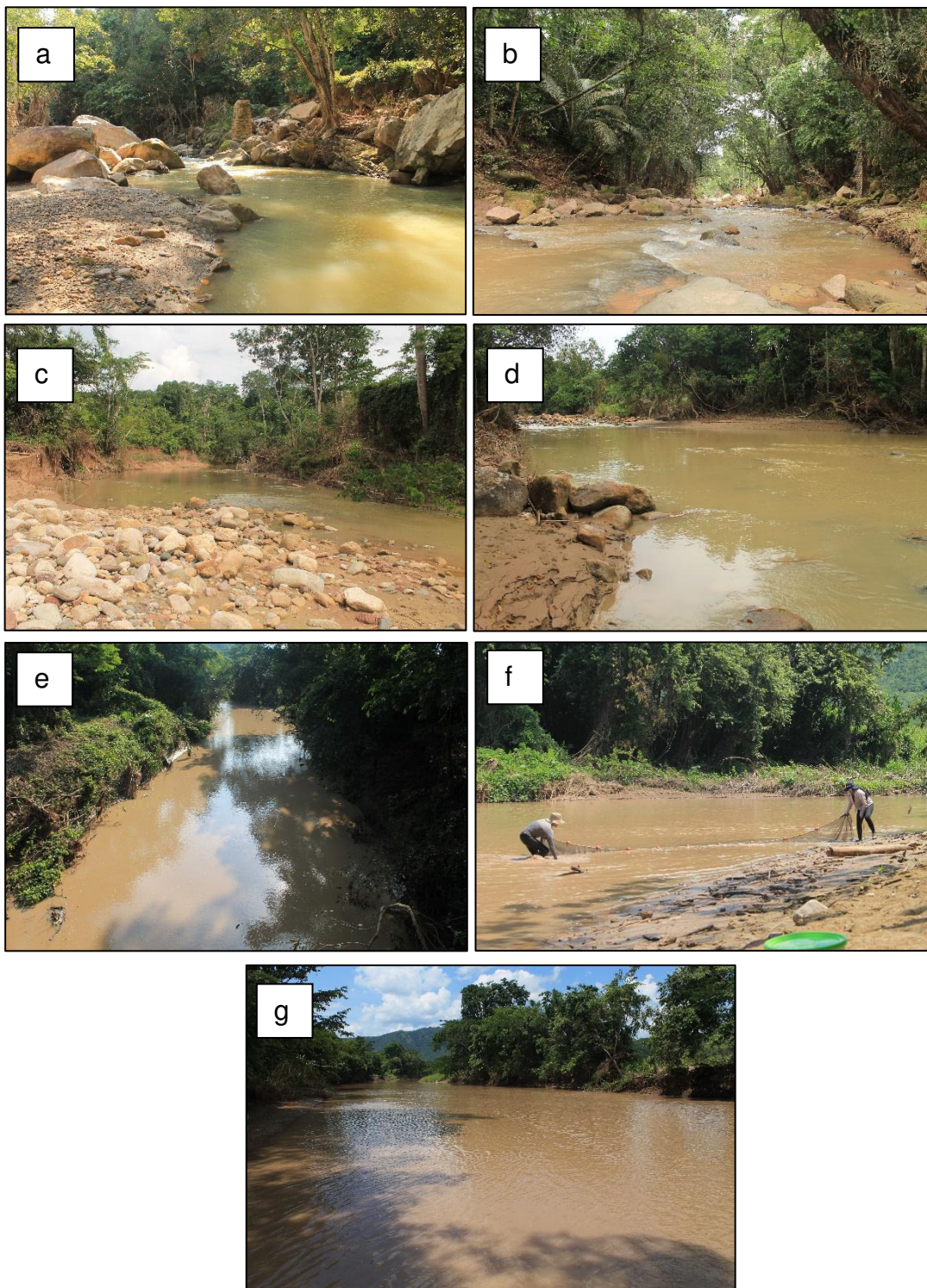
## XI. ANEXOS

**Anexo 1.** Puntos de muestreo evaluados en la cuenca del río Ponasa en diciembre 2017. En: a, b, d, e, f, g. río Ponasa (338, 279, 256, 232, 220, 213 m.s.n.m respectivamente), c. Quebrada Chambira (330 m.s.n.m).





**Anexo 2.** Puntos de muestreo evaluados en la cuenca del río Mishquiyacu en diciembre 2017. En: a. río Garrapata (352 m.s.n.m), b, c, d, e, f, g. río Mishquiyacu (361, 308, 258, 230, 215, 198 m.s.n.m respectivamente).





**Anexo 3.** Fotografías de ejemplares de peces en campo.



*Leptagoniates steindachneri*



*Chaetostoma lineopunctatum*



*Bujurquina huallagae*



*Centromochlus perugiae*



*Farlowella smithi*



*Rineloricaria lanceolata*



*Synbranchus marmoratus*



*Trichomycterus aff. taczanowskii*

#### Anexo 4. Información de la ecología trófica de los peces para el desarrollo del IBI.

CHARACIFORMES	GRUPO TRÓFICO	REFERENCIA
<b>Crenuchidae</b>		
<i>Characidium cf. zebra</i>	Omnívoro	Galvis et. al., 2006
<b>Parodontidae</b>		
<i>Parodon buckleyi</i>	Detritívoro	Meza, 2014
<i>Parodon pongoensis</i>	Detritívoro	Meza, 2014
<b>Curimatidae</b>		
<i>Curimata aspera</i>	Detritívoro	Galvis et. al., 2006
<i>Steindachnerina dobula</i>	Detritívoro	Galvis et. al., 2006
<b>Characidae</b>		
<i>Astyanax aff. fasciatus</i>	Omnívoro	Galvis et al. 1997
<i>Astyanax abramis</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<i>Astyanax maximus</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<i>Creagrutus barrigai</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<i>Creagrutus flavescens</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<i>Creagrutus ortegai</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<i>Galeocharax sp.</i>	Carnívoro	Ribeiro et. al., 1998
<i>Knodus smithi</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<i>Knodus hypopterus</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<i>Knodus megalops</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<i>Knodus orteguasae</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<i>Knodus victoriae</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<i>Leptagoniates steindachneri</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<i>Odontostilbe ecuadorensis</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<i>Odontostilbe sp. 1</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<i>Odontostilbe sp.2</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<i>Paragoniates alburnus</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<i>Prodontocharax melanotus</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<i>Scopaeocharax atopodus</i>	Omnívoro	Meza, 2014
<b>Sternopygidae</b>		
<i>Sternopygus macrurus</i>	Carnívoro	Galvis et. al., 2006
<b>Auchenipteridae</b>		
<i>Centromochlus perugiae</i>	Carnívoro	Meza, 2014
<b>Heptapteridae</b>		
<i>Imparfinis longicaudus</i>	Carnívoro	Burgess, 1989
<i>Pimelodella aff. gracilis</i>	Carnívoro	Meza, 2014
<i>Pimelodella sp.1</i>	Carnívoro	Meza, 2014
<i>Rhamdia quelen</i>	Carnívoro	Galvis et. al., 2006
<b>Pimelodidae</b>		
<i>Pimelodus ornatus</i>	Omnívoro	Maldonado-Ocampo et. al., 2005
<b>Trichomycteridae</b>		
<i>Pseudostegophilus nemurus</i>	Carnívoro	Burgess, 1989
<i>Trichomycterus aff. taczanowskii</i>	Carnívoro	Galvis et. al., 2006
<b>Loricariidae</b>		
<i>Ancistrus sp.1</i>	Detritívoro	Meza, 2014
<i>Ancistrus sp.2</i>	Detritívoro	Meza, 2014
<i>Chaetostoma lineopunctatum</i>	Detritívoro	Meza, 2014
<i>Chaetostoma breve</i>	Detritívoro	Meza, 2014
<i>Chaetostoma sp.</i>	Detritívoro	Meza, 2014
<i>Farlowella smithi</i>	Detritívoro	Meza, 2014
<i>Hypostomus hemicochliodon</i>	Detritívoro	Meza, 2014
<i>Hypostomus sp.</i>	Detritívoro	Meza, 2014
<i>Loricaria aff. Cataphracta</i>	Detritívoro	Galvis et. al., 2006
<i>Rineloricaria lanceolata</i>	Detritívoro	Galvis et. al., 2006
<b>Synbranchidae</b>		
<i>Synbranchus marmoratus</i>	Carnívoro	Galvis et. al., 2006
<b>Cichlidae</b>		
<i>Bujurquina huallagae</i>	Omnívoro	Galvis et. al., 2006
<i>Crenicichla sedentaria</i>	Carnívoro	Galvis et. al., 2006
<b>Poeciliidae</b>		
<i>Poecilia reticulata</i>	Carnívoro	Meza, 2014

## Anexo 5. Criterios y puntuación del SVAP.

### 1. Zona ribereña

Vegetación natural se extiende por una distancia de por lo menos dos veces el ancho del cauce activo en cada lado.	Vegetación natural se extiende por una distancia de una vez el ancho del cauce activo a cada lado. O si menos de una vez el ancho del cauce activo, se encuentra cubierta de vegetación en la planicie inundable.	Vegetación natural se extiende por una distancia igual a la mitad del ancho del cauce activo a cada lado.	Vegetación natural se extiende por una distancia igual a una tercera parte del ancho del cauce activo a cada lado.  O función de filtración moderadamente comprometida.	Vegetación natural se extiende por una distancia de menos de una tercera parte del ancho del cauce activo en cada lado.  O falta de regeneración.  O función de filtración seriamente comprometida.
Derecho 5	3.5	2.5	1.5	0.5
Izquierda 5	3.5	2.5	1.5	0.5

### 2. Estabilidad de la orilla

Las orillas están estables; orillas bajas; >33% de la superficie se erosiona en curvas exteriores que están protegidas por raíces que se extienden a la elevación del caudal bajo.	Moderadamente estable; orillas bajas; <33% de la superficie que erosiona en curvas exteriores que están protegida por raíces que se extienden a la elevación del caudal bajo.	Moderadamente inestable; orillas pueden ser bajas, pero típicamente son altas; las curvas exteriores se están erosionando activamente (algunos árboles maduros están cayéndose a la quebrada anualmente, algunas fallas de pendiente son aparentes).	Inestable; orillas pueden ser bajas, pero típicamente son altas; algunos trayectos rectos y las curvas exteriores se están erosionando activamente tanto como curvas (muchos árboles maduros están cayendo a la quebrada anualmente, muchas fallas de pendiente aparentes).
10	7	3	1

### 3. Apariencia del agua

El agua es muy clara, o la claridad apropiada para el sitio; Las características sumergidas en la corriente (rocas, madera) son visibles a profundidades de 3 a 6 pies. No hay brillo de aceite de motor en la superficie; No hay evidencia de precipitados metálicos en los arroyos.	El agua es ligeramente turbia, especialmente después de una tormenta, pero se despeja después de que el clima se aclara; las características sumergidas en la corriente (rocas, madera) solo son visibles a profundidades de 1.5 a 3 pies Sin brillo de aceite de motor en la superficie o evidencia de precipitados metálicos en la corriente	El agua es turbia la mayor parte del tiempo; Las características sumergidas en la corriente (rocas, madera) son visibles a profundidades de solo 0.5 a 1.5 pies y / o El brillo del aceite del motor está presente en la superficie del agua	Agua muy muy turbia la mayor parte del tiempo; las características sumergidas en la corriente (rocas, madera) son visibles solo a 0.5 pies por debajo de la superficie y / o el brillo del aceite del motor está presente en la superficie del agua
10 9 8	7 6 5	4 3 2	1 0

### 4. Condición del canal

Canal natural; No hay estructuras, diques. No hay evidencia de corte hacia abajo o corte lateral excesivo.	Evidencia de canal pasado. Alteración, pero con importante recuperación de canal y bancos. Cualquier dique o gravamen se retrasa para proporcionar acceso a una llanura de inundación adecuada.	Canal alterado; <50% Exceso de degradación; canal trezado. Los diques o diques restringen el ancho de la llanura de inundación.	El canal está activamente reduciendo o ampliando. > 50% del alcance con rip-rap o canalización. Los diques impiden el acceso a la llanura de inundación.
10	7	3	1

## 5. Enriquecimiento de nutrientes

Agua clara en todo el trayecto; poco crecimiento de algas presente.	Agua relativamente clara o con una coloración verde en todo el trayecto; crecimiento moderado de algas en los substratos de la quebrada.	Agua con coloración verde en todo el trayecto; sobreabundancia de macrófitas verdes; abundante crecimiento de algas, especialmente durante los meses más calientes.	Agua de color verde celeste, gris, o marrón en todo el trayecto; grupos densos de macrófitas en la quebrada; grandes afloramientos de algas crean densas capas en la quebrada.
10	7	3	1

## 6. Barreras para el movimiento de peces

No hay barreras artificiales que puedan impedir el movimiento de los organismos acuáticos durante cualquier época del año.	Las estructuras físicas, las extracciones de agua y / o la calidad del agua restringen estacionalmente el movimiento de especies acuáticas	Las estructuras físicas, las extracciones de agua y / o la calidad del agua restringen el movimiento de especies acuáticas durante todo el año	Las estructuras físicas, las extracciones de agua y / o la calidad del agua impiden el movimiento de especies acuáticas
10	9 8 7	6 5 4 3	2 1 0

## 7. Pozas

Más de dos piscinas profundas separadas por rífls, cada una con más del 30% del fondo de la piscina oscurecida por la profundidad, la madera u otra cubierta. También hay piscinas superficiales.	Una o dos piscinas profundas separadas por rífls, cada uno con más del 30% del fondo de la piscina oculto por la madera de profundidad u otra cubierta Al menos una piscina poco profunda presente	Grupos presentes pero poco profundos (<2 veces la profundidad máxima del cañón ascendente) Solo el 10-30% de los fondos de la piscina están ocultos debido a la profundidad o la cubierta de madera	Piscinas ausentes, pero algunos hábitats de agua lenta están disponibles. El tramo está dominado por piscinas continuas poco profundas o agua lenta
10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0

## 8. Cobertura para peces

Diez o más tipos de hábitat disponibles, al menos una de las cuales se considera óptima en sitios de referencia (madera grande en arroyos forestales).	Ocho a nueve tipos del hábitat disponibles.	Seis a siete tipos del hábitat disponibles.	Cuatro a cinco tipos del hábitat disponibles.	Menos de cuatro tipos del hábitat disponibles.
10 9	8 7	6 5	4 3	2 1 0

## 9. Comunidad de invertebrados acuáticos

La comunidad de invertebrados es diversa y está bien representada por el grupo I o especies intolerantes. Una o dos especies no dominan	La comunidad de invertebrados está bien representada por el grupo II o especies facultativas, y las especies del grupo I también están presentes. Una o dos especies no dominan	La comunidad de invertebrados está compuesta principalmente por los grupos II y III. y / o una o dos especies de cualquier grupo pueden dominar	La composición de la comunidad de invertebrados es predominantemente de especies del grupo III y / o solo una o dos especies de cualquier grupo están presentes y la abundancia es baja
10 9 8	7 6 5	4 3 2	1 0

## 10. Hábitat de invertebrados acuáticos

Al menos 9 tipos de hábitat presentes. Una combinación de madera con rápidos debe estar presente y ser adecuada, además de otros tipos de hábitat.	8 a 6 tipos de hábitat El sitio puede necesitar más madera o características del hábitat de referencia y secciones estables de rápido-madera	Cinco a cuatro tipos de hábitats presentes	Tres a dos tipos de hábitats presentes	Ninguno o un tipo de hábitat presente.
10    9	8    7    6	5    4	3    2	1    0

## 11. Presencia de estiércol

(Abierto con intención)	Evidencia de acceso de ganado a la zona ribereña.	Se encuentra estiércol ocasionalmente en la quebrada o hay una estructura para almacenar estiércol ubicado en planicies inundables.	Cantidades grandes de estiércol en las orillas o dentro de la quebrada. O presencia de tuberías de descarga de aguas negras sin tratamiento.
	5	3	1

## 12. Presencia de basura

No existe	Una cantidad mínima de basura orgánica presente en las orillas y en el río o quebrada.	Una cantidad moderna de basura orgánica e inorgánica presente en las orillas y en el río o quebrada.	Una cantidad alta de basura orgánica e inorgánica presente en las orillas y en el río o quebrada.
7		3	1



**Anexo 6.** Descripción de los ambientes acuáticos evaluados en la cuenca del río Ponasa (dic. 2017).

Cuencas	Cuenca del río Ponasa						
Estaciones	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Nombre	Río Ponasa	Río Ponasa	Qda. Chambira	Río Ponasa	Río Ponasa	Río Ponasa	Río Ponasa
Fecha	12/12/2017	12/12/2017	13/12/2017	13/12/2017	13/12/2017	14/12/2017	14/12/2017
Tipo de Ambiente	Lótico	Lótico	Lótico	Lótico	Lótico	Lótico	Lótico
Tipo de hábitat	Río	Río	Quebrada	Río	Río	Río	Río
Tipo de agua	Blanca	Blanca	Blanca(+ claro)	Blanca	Blanca	Blanca	Blanca
Transparencia	10 cm	<5cm	40 cm	<5cm	2cm	2-3 cm	<5cm
Ancho(m)	20	20	6	16	20	18	30
Longitud(m)	60	50	100	120	60	70	70
Área de muestreo (m2)	1200	1000	600	1920	1200	1260	2100
Fondo	Canto rodado(40%), roca(40%), arena(20%)	roca(30%), canto rodado(50%), arena(15%), fango(5%)	rocas(50%), piedras(30%), arena(20%)	fango(10%), canto rodado(70%), roca(20%)	Arena(50%) y fango(50%)	Arena(20%), limo(50%), fango(30%)	Fango(70%), limo(30%)
Color aparente del agua	Marrón claro	Marrón	Marron claro	marrón claro	Marron cremoso	Marron cremoso	Marron cremoso
Velocidad de corriente	moderada-fuerte	moderada	moderada-lenta	moderada	moderada	moderada-lenta	moderada-lenta
Amplitud de orilla	Mediana	mediana-estrecha	mediana estrecha	mediana-estrecha	estrecha	mediana-estrecha	estrecha
Composición de orilla	rocosa	rocosa	pedregoso-arenoso	pedregoso	fangoso	fangoso	fangoso
Tipo de vegetación ribereña	Primaria y secundaria	Primaria y secundaria	Primaria y secundaria	secundaria(cultivos)	cultivo y primaria	cultivos(plátano,90%), secundaria y primaria(10%)	Primaria y secundaria
Cobertura de vegetación ribereña	10-40%	0-30%	20-80%	0-40%	0-20%	0-30%	5-50%
Altitud (m)	338	279	330	256	232	220	213
Posición	18M 378408	18M 373438	18M 377404	18M 369715	18M 360128	18M 360060	18M 356644
	9220420	9223662	9224115	9226834	9230808	9237091	9240106
pH	7.95	7.9	8.03	7.98	7.66	7.79	7.77
Temperatura	24.8	27.3	24.4	26.6	28.5	27.1	28.5
Conductividad (uS)	410	380	260	450	480	540	530
Sólidos totales disueltos (ppm)	200	190	130	220	240	270	270

**Anexo 6 (continuación).** Descripción de los ambientes acuáticos evaluados en la cuenca del río Mishquiyacu (dic. 2017).

Cuencas	Cuenca del río mishquiyacu						
Estaciones	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
Nombre	Río Garrapata	Río Mishquiyacu	Río Mishquiyacu	Río Mishquiyacu	Río Mishquiyacu	Río Mishquiyacu	Río Mishquiyacu
Fecha	15/12/2017	15/12/2017	15/12/2017	15/12/2017	16/12/2017	16/12/2017	16/12/2017
Tipo de Ambiente	Lótico	Lótico	Lótico	Lótico	Lótico	Lótico	Lótico
Tipo de hábitat	Río	Río	Río	Río	Río	Río	Río
Tipo de agua	Clara-turbia verdosa	blanca	blanca	blanca	blanca	blanca	blanca
Transparencia	25-35 cm	15 cm	15 cm	10cm	<5cm	<5cm	<5cm
Ancho(m)	7	12	15	35	30	50	40
Longitud(m)	200	70	120	80	200	70	90
Área de muestreo (m2)	1400	840	1800	2800	6000	3500	3600
Fondo	piedra(35), roca(20%), arena(10%), canto rodado(20%), roca madre(15%)	roca madre(15%), Roca(25%), canto rodado(30%), arena(20%), grava(8%) y fango(2%)	piedra(50%), arena-grava(50%)	roca(20%), canto rodado(20%) y arena(60%)	Arena(40%), grava(30%), piedra(20%) y vegetación arborea en contacto con vegetación(10%)	arcilla(40%), fango(30%), grava(20%) y piedra(10%)	fango(30%), arena(20%) y canto rodado(50%)
Color aparente del agua	verdoso claro	marron claro	marron claro	marron claro	marron cremoso	marron cremoso	marron cremoso
Velocidad de corriente	moderada-fuerte	moderada-fuerte	moderada	moderada	moderada	moderada	lenta moderada
Amplitud de orilla	estrecha, mediana	estrecha, mediana	amplia	estrecha	estrecha	amplia	estrecha
Composición de orilla	rocosa	rocosa	playa arenosa-rocosa	arenoso-pedregoso	arenoso-pedregoso	arenoso-pedregoso	pedregoso, arenoso, lodoso
Tipo de vegetación ribereña	primaria(60%), secundaria(40%)	primaria(70%), secundaria(30%)	primaria(70%), secundaria(30%)	primaria(60%) y secundaria(40%)	primaria(50%), secundaria(30%) y cultivos(10%)	primaria(30%), secundaria(60%) y cultivos(10%)	primaria(10%), secundaria(60%) y cultivo(30%)
Cobertura de vegetación ribereña	50-70%	20-90%	0-10%	5-20%	10-90%	0-10%	5-10%
Altitud (m)	352	361	308	258	230	215	198
Posición	18M 0372882	18M 0372831	18M 0371387	18M 0366128	18M 0361858	18M 0359841	18M 0357973
	9241824	9241775	9242642	9246176	9248838	9250535	9250705
pH	8.4	8.25	8.4	8.31	7.98	7.91	8.05
Temperatura	22.9	25.2	25	26	25	26.2	29.4
Conductividad (uS)	400	300	360	310	300	320	3750
Sólidos totales disueltos (ppm)	200	150	180	160	150	160	1880

**Anexo 7.** Composición taxonómica de la ictiofauna registrada para la cuenca del río Ponasa (dic. 2017).

Orden	Familia	Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Total
Characiformes	Crenuchidae	<i>Characidium cf. zebra</i>	0	0	0	0	3	0	1	4
Characiformes	Parodontidae	<i>Parodon buckleyi</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
Characiformes	Parodontidae	<i>Parodon pongoensis</i>	0	0	1	0	0	5	12	18
Characiformes	Curimatidae	<i>Steindachnerina dobula</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax abramis</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax aff. fasciatus</i>	0	0	0	0	1	0	3	4
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax maximus</i>	0	0	0	1	0	8	7	16
Characiformes	Characidae	<i>Creagrutus barrigai</i>	0	0	0	0	0	4	0	4
Characiformes	Characidae	<i>Creagrutus flavescens</i>	3	0	1	3	0	0	0	7
Characiformes	Characidae	<i>Creagrutus ortegai</i>	2	3	0	0	0	0	0	5
Characiformes	Characidae	<i>Knodus smithi</i>	0	6	15	7	0	0	0	28
Characiformes	Characidae	<i>Knodus hypopterus</i>	3	6	9	0	4	4	4	30
Characiformes	Characidae	<i>Knodus megalops</i>	2	22	0	41	2	0	1	68
Characiformes	Characidae	<i>Knodus orteguasae</i>	29	18	11	2	2	1	3	66
Characiformes	Characidae	<i>Knodus victoriae</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
Characiformes	Characidae	<i>Leptagoniates steindachneri</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
Characiformes	Characidae	<i>Odontostilbe sp. 1</i>	0	0	0	0	0	0	2	2
Characiformes	Characidae	<i>Odontostilbe sp. 2</i>	0	0	0	2	0	0	0	2
Characiformes	Characidae	<i>Paragoniates alburnus</i>	0	0	0	2	0	0	0	2
Characiformes	Characidae	<i>Prodonotocharax melanotus</i>	0	0	0	1	0	5	3	9
Characiformes	Characidae	<i>Scopaeocharax atopodus</i>	0	0	1	0	0	0	0	1
Gymnotiformes	Sternopygidae	<i>Sternopygus macrurus</i>	0	4	0	1	0	0	1	6
Siluriformes	Auchenipteridae	<i>Centromochlus perugiae</i>	0	7	0	5	0	0	0	12
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Imparfinis longicaudus</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Pimelodella aff. gracilis</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Pimelodus ornatus</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus aff. taczanowskii</i>	1	2	0	0	0	0	0	3
Siluriformes	Loricariidae	<i>Ancistrus sp.1</i>	2	0	0	1	0	0	0	3
Siluriformes	Loricariidae	<i>Ancistrus sp.2</i>	1	1	1	0	0	0	0	3
Siluriformes	Loricariidae	<i>Chaetostoma lineopunctatum</i>	1	0	1	0	0	0	0	2
Siluriformes	Loricariidae	<i>Chaetostoma breve</i>	2	0	0	0	0	0	0	2
Siluriformes	Loricariidae	<i>Chaetostoma sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	1
Siluriformes	Loricariidae	<i>Farlowella smithi</i>	0	2	0	1	0	0	0	3
Siluriformes	Loricariidae	<i>Hypostomus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	2	2
Siluriformes	Loricariidae	<i>Loricaria aff. Cataphracta</i>	0	0	0	1	0	1	0	2
Siluriformes	Loricariidae	<i>Rineloricaria lanceolata</i>	0	2	0	1	0	0	0	3
Synbranchiformes	Synbranchidae	<i>Synbranchus marmoratus</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Cichliformes	Cichlidae	<i>Bujurquina huallagae</i>	0	2	0	3	0	0	0	5
Cichliformes	Cichlidae	<i>Crenicichla sedentaria</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
Riqueza			12	14	9	16	7	9	13	40
Abundancia			48	77	41	73	14	30	41	324

**Anexo 8.** Composición taxonómica de la ictiofauna registrada para la cuenca del río Mishquiyacu (dic. 2017).

Orden	Familia	Especie	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	Total
Characiformes	Crenuchidae	<i>Characidium cf. zebra</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
Characiformes	Curimatidae	<i>Curimata aspera</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
Characiformes	Curimatidae	<i>Steindachnerina dobula</i>	0	0	1	0	0	3	0	4
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax abramis</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax aff. fasciatus</i>	0	1	0	0	0	6	0	7
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax maximus</i>	0	2	0	0	0	26	29	57
Characiformes	Characidae	<i>Creagrutus flavescens</i>	0	0	0	1	1	0	0	2
Characiformes	Characidae	<i>Creagrutus ortegai</i>	0	1	2	0	0	1	0	4
Characiformes	Characidae	<i>Galeocharax sp.</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
Characiformes	Characidae	<i>Knodus hypopterus</i>	0	0	16	0	0	0	0	16
Characiformes	Characidae	<i>Knodus megalops</i>	0	0	4	0	2	0	0	6
Characiformes	Characidae	<i>Knodus orteguasae</i>	0	1	8	9	42	106	17	183
Characiformes	Characidae	<i>Knodus victoriae</i>	0	0	0	1	1	10	0	12
Characiformes	Characidae	<i>Odontostilbe ecuadorensis</i>	0	0	0	0	0	0	2	2
Characiformes	Characidae	<i>Odontostilbe sp. 1</i>	0	0	0	0	0	0	2	2
Characiformes	Characidae	<i>Odontostilbe sp.2</i>	0	0	0	0	0	0	2	2
Gymnotiformes	Sternopygidae	<i>Sternopygus macrurus</i>	0	0	0	0	3	0	0	3
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Pimelodella aff. gracilis</i>	0	4	0	0	0	0	0	4
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Pimelodella sp.1</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Rhamdia quelen</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Pseudostegophilus nemurus</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
Siluriformes	Loricariidae	<i>Chaetostoma lineopunctatum</i>	1	1	0	1	0	0	0	3
Siluriformes	Loricariidae	<i>Hypostomus hemicochliodon</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
Siluriformes	Loricariidae	<i>Hypostomus sp.</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
Siluriformes	Loricariidae	<i>Rineloricaria lanceolata</i>	0	0	0	0	2	0	0	2
Cichliformes	Cichlidae	<i>Bujurquina huallagae</i>	0	0	2	0	1	0	0	3
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
Riqueza			2	6	6	5	9	10	7	27
Abundancia			2	10	33	13	54	156	54	322

**Anexo 9. Composición taxonómica del macrobentos registrado para la cuenca del río Ponasa (dic. 2017).**

Orden/Clase	Familia	Morfoespecies	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	TOTAL
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis 1</i>	0	0	6	1	0	0	2	9
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Anacaena 1</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria 1</i>	2	2	12	5	0	0	0	21
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria 2</i>	0	1	7	3	0	0	0	11
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria 3</i>	0	0	1	0	0	0	0	1
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria 4</i>	0	0	1	0	0	0	0	1
Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus 1</i>	2	0	0	0	0	0	0	2
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia 1</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Gastropoda	Ampullariidae	<i>Asolene 1</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Atrichopogon 1</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Austrolimnius 2</i>	0	2	1	1	0	0	0	4
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes 1</i>	14	46	17	8	0	0	0	85
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes 2</i>	0	1	16	0	0	0	0	17
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidius</i>	0	76	53	2	0	0	0	131
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae 1</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Cernotina 1</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Diptera	Chironomidae	<i>Chironominae 1</i>	0	0	0	0	0	0	3	3
Diptera	Chironomidae	<i>Chironominae 2</i>	0	0	1	0	0	0	0	1
Odonata	Coenagrionidae	<i>Coenagrionidae 1</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
Odonata	Coenagrionidae	<i>Coenagrionidae 4</i>	0	1	0	1	0	0	0	2
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus 1</i>	0	1	3	1	0	0	0	5
Lepidoptera	Crambidae	<i>Crambidae 1</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Diptera	Chironomidae	<i>Cricotopus 1</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
Diptera	Chironomidae	<i>Cricotopus 2</i>	0	0	0	2	0	0	0	2
Hemiptera	Naucoridae	<i>Cryphocricos 1</i>	1	0	1	2	0	0	0	4
Hemiptera	Naucoridae	<i>Cryphocricos 2</i>	1	1	0	1	0	0	0	3
Coleoptera	Elmidae	<i>Cylloepus 1</i>	0	2	1	0	0	0	0	3
Coleoptera	Elmidae	<i>Cylloepus 2</i>	0	0	1	5	0	0	0	6
Diptera	Dolichopodidae	<i>Dolichopodidae 1</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
Odonata	Libellulidae	<i>Elasmothermis 1</i>	0	0	7	1	0	0	0	8
Diptera	Chironomidae	<i>Endotribelos 1</i>	0	0	4	5	0	0	0	9
Ephemeroptera	Oligoneuridae	<i>Euthyplocia 1</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Farrodes 1</i>	0	4	18	4	0	0	1	27
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Guajiroilus 1</i>	0	15	12	33	0	0	0	60
Diptera	Empididae	<i>Hemerodromia 1</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Heterelmis 1</i>	0	10	8	30	0	0	0	48
Coleoptera	Elmidae	<i>Hexacylloepus</i>	0	0	0	1	2	0	4	7
Coleoptera	Elmidae	<i>Hexanchorus 1</i>	5	0	2	5	0	0	0	12
Diptera	Tipulidae	<i>Hexatoma 2</i>	0	1	0	1	0	0	0	2
Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella 1</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Ephemeroptera	Oligoneuridae	<i>Lachlania 1</i>	0	0	0	0	0	0	36	36
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes 1</i>	0	6	2	12	0	0	0	20
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes 2</i>	2	7	1	16	0	0	0	26
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema 1</i>	1	3	10	0	1	0	0	15
Hemiptera	Naucoridae	<i>Limnocris 1</i>	3	2	3	1	0	0	1	10
Diptera	Tipulidae	<i>Limoniinae 1</i>	0	1	0	0	0	2	0	3
Diptera	Chironomidae	<i>Lopescladius 1</i>	0	0	1	0	0	0	0	1
Coleoptera	Lutrochidae	<i>Lutrochus 1</i>	0	0	0	2	0	0	0	2
Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis 1</i>	1	0	5	9	0	0	0	15
Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis 2</i>	0	4	0	0	0	0	0	4
Decapoda	Palaemonidae	<i>Macrobrachium 1</i>	0	0	0	0	7	0	0	7
Gastropoda	Thiaridae	<i>Melanoides 1</i>	0	0	0	0	0	0	2	2
Coleoptera	Elmidae	<i>Microcylloepus 1</i>	2	13	9	37	0	0	5	66
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Nectopsyche 1</i>	0	0	3	1	1	0	1	6
Coleoptera	Elmidae	<i>Neelmis 1</i>	3	3	1	10	0	0	0	17
Diptera	Chironomidae	<i>Onconeura 1</i>	0	0	2	2	0	0	0	4
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Paracloeodes 1</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Diptera	Chironomidae	<i>Parametrioctenemus 1</i>	0	0	1	1	0	0	0	2
Diptera	Chironomidae	<i>Parapentaneura 1</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Diptera	Chironomidae	<i>Paratendipes 1</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Odonata	Libellulidae	<i>Perithemis 1</i>	2	2	0	1	0	0	0	5
Coleoptera	Elmidae	<i>Phanocerus 1</i>	0	1	18	3	4	0	4	30
Coleoptera	Elmidae	<i>Phanocerus 2</i>	0	0	0	22	0	0	0	22
Odonata	Gomphidae	<i>Phyllocycla 1</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
Diptera	Chironomidae	<i>Polypedilum 1</i>	0	1	21	14	0	0	0	36
Odonata	Polythoridae	<i>Polythore 1</i>	0	0	1	0	0	0	0	1
Coleoptera	Psephenidae	<i>Psephenus 1</i>	0	1	1	1	0	0	0	3
Diptera	Chironomidae	<i>Rheotanytarsus 1</i>	0	1	3	0	0	0	0	4
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium 1</i>	0	2	6	16	0	0	0	24
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea 1</i>	13	51	103	77	0	0	0	244
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea 2</i>	0	0	0	8	0	0	1	9
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea 3</i>	0	0	0	5	1	0	0	6
Diptera	Stratiomyidae	<i>Stratiomyinae 1</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Diptera	Tabanidae	<i>Tabanidae 1</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes 1</i>	9	48	140	10	0	0	0	207
Decapoda	Trichodactylidae	<i>Trichodactylus 1</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Tricorythodes 1</i>	2	9	0	0	0	0	0	11
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Tricorythodes 2</i>	6	13	0	2	0	0	1	22
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Varipes 1</i>	0	2	0	0	0	0	0	2
Coleoptera	Elmidae	<i>Xenelmis 1</i>	0	4	1	0	0	0	0	5
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Yaurina 1</i>	1	3	8	4	0	0	0	16
<b>Abundancia</b>			<b>71</b>	<b>351</b>	<b>512</b>	<b>371</b>	<b>16</b>	<b>3</b>	<b>63</b>	<b>1387</b>
<b>Riqueza</b>			<b>19</b>	<b>46</b>	<b>41</b>	<b>47</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>81</b>

**Anexo 10.** Composición taxonómica del macrobentos registrado para la cuenca del río Mishquiyacu (dic. 2017).

Orden/Clase	Familia	Morfoespecies	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	TOTAL
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Allenhyphes 1</i>	0	0	0	4	1	0	0	5
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis 1</i>	7	1	1	3	2	25	0	39
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria 1</i>	2	1	19	2	26	9	0	59
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria 2</i>	0	2	0	0	2	0	0	4
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria 4</i>	0	5	1	0	6	0	0	12
Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus 1</i>	0	1	1	1	0	0	0	3
Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus 2</i>	0	0	1	0	0	0	0	1
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia 1</i>	1	0	1	0	0	0	0	2
Coleoptera	Elmidae	<i>Austrolimnius 1</i>	2	2	0	0	0	0	0	4
Coleoptera	Elmidae	<i>Austrolimnius 2</i>	2	7	8	1	0	11	0	29
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes 1</i>	10	1	7	5	1	25	3	52
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes 2</i>	4	5	14	0	0	0	0	23
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Bezzia 1</i>	0	0	0	2	0	1	1	4
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Caenis 1</i>	0	0	0	0	4	0	0	4
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidium 1</i>	50	17	47	192	25	52	0	383
Diptera	Chironomidae	<i>Chironominae 1</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus 1</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
Odonata	Coenagrionidae	<i>Coenagrionidae 2</i>	0	0	0	0	0	0	2	2
Odonata	Coenagrionidae	<i>Coenagrionidae 3</i>	5	0	1	0	0	0	0	6
Odonata	Coenagrionidae	<i>Coenagrionidae 4</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus 1</i>	6	4	0	5	3	3	0	21
Diptera	Chironomidae	<i>Cricotopus 1</i>	1	1	7	1	0	0	0	10
Diptera	Chironomidae	<i>Cricotopus 2</i>	2	0	4	0	0	0	0	6
Hemiptera	Naucoridae	<i>Cryphocricos 1</i>	1	5	0	3	1	3	0	13
Hemiptera	Naucoridae	<i>Cryphocricos 2</i>	0	0	0	1	2	1	0	4
Coleoptera	Elmidae	<i>Cylloepus 1</i>	4	3	2	1	2	4	0	16
Odonata	Gomphidae	<i>Desmogomphus 1</i>	0	0	0	0	0	3	0	3
Diptera	Chironomidae	<i>Dicretendipes 1</i>	0	1	7	0	1	0	2	11
Odonata	Libellulidae	<i>Elasmotheris 1</i>	0	0	2	4	3	1	0	10
Diptera	Chironomidae	<i>Endotribelos 1</i>	0	1	6	0	30	4	0	41
Ephemeroptera	Oligoneuridae	<i>Euthyplocia 1</i>	0	1	1	2	2	0	0	6
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Farrodes 1</i>	1	6	3	4	13	23	0	50
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Guajirulus 1</i>	12	9	9	2	4	1	0	37
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Haplohyphes 1</i>	0	8	0	1	0	0	0	9
Coleoptera	Dryopidae	<i>Helichus 1</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
Trichoptera	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche 1</i>	0	0	4	1	0	0	0	5
Diptera	Empididae	<i>Hemerodromia 1</i>	0	0	1	0	1	0	0	2
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina 1</i>	0	0	0	1		2	2	5
Coleoptera	Elmidae	<i>Heterelmis 1</i>	1	1	46	30	72	19	7	176
Coleoptera	Elmidae	<i>Hexacylloepus 1</i>	0	0	0	0	0	1	1	2
Coleoptera	Elmidae	<i>Hexanchorus 1</i>	0	0	1	0	1	0	0	2
Diptera	Tipulidae	<i>Hexatoma 1</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
Diptera	Tipulidae	<i>Hexatoma 2</i>	0	0	0	0	3	0	0	3
Diptera	Chironomidae	<i>Hudsoniomya 1</i>	2	0	2	1	1	0	5	11
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Hydrosmilodon 1</i>	0	6	0	0	0	0	0	6
Ephemeroptera	Oligoneuridae	<i>Lachlania 1</i>	0	0	1	0	1	4	0	6
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes 1</i>	5	5	16	3	31	36	0	96
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes 2</i>	7	2	1	2	15	17	0	44
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema 1</i>	5	3	8	9	2	1	0	28
Hemiptera	Naucoridae	<i>Limnocoris 1</i>	3	0	2	1	2	1	0	9
Coleoptera	Lutrochidae	<i>Lutrochus 1</i>	0	0	7	0	0	0	0	7
Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis 1</i>	0	3	0	10	24	10	0	47
Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis 2</i>	0	0	22	0	17	0	0	39
Decapoda	Palaemonidae	<i>Macrobrachium 1</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
Trichoptera	Odontoceridae	<i>Marilia 1</i>	0	2	1	0	0	0	0	3
Coleoptera	Elmidae	<i>Microcyllloepus 1</i>	0	11	16	9	43	44	10	133
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Mortoniella 1</i>	0	1	0	4	1	0	0	6
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Nectopsyche 1</i>	2	0	5	2	3	0	0	12
Diptera	Stratiomyidae	<i>Nemotelinae 1</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Neocyllloepus 1</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Neelmis 1</i>	6	35	15	5	16	29	0	106
Hemiptera	Pleidae	<i>Neoplea 1</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Notelmis 1</i>	0	0	1	0	0	0	0	1
Diptera	Chironomidae	<i>Onconeura 1</i>	7	1	12	2	9	4	0	35
Diptera	Chironomidae	<i>Parametrioctenemus 1</i>	3	1	3	1	0	0	1	9
Diptera	Chironomidae	<i>Paratendipes 1</i>	0	0	0	1	0	0	0	1
Odonata	Libellulidae	<i>Perithemis 1</i>	0	0	2	1	1	1	0	5
Odonata	Gomphidae	<i>Peruviogomphus 1</i>	0	0	1	0	0	0	0	1
Coleoptera	Elmidae	<i>Phanocerus 1</i>	1	8	12	6	10	3	0	40
Coleoptera	Elmidae	<i>Phanocerus 2</i>	4	0	25	0	0	0	0	29
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus 1</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Diptera	Chironomidae	<i>Polypedilum 1</i>	21	11	64	5	62	19	5	187
Coleoptera	Psephenidae	<i>Psephenus 1</i>	0	1	0	1	1	0	0	3
Diptera	Chironomidae	<i>Rheotanytarsus 1</i>	11	0	47	22	28	51	0	159
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium 1</i>	17	3	56	0	3	17	0	96
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea 1</i>	11	33	28	14	102	47	0	235
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea 2</i>	19	3	19	16	8	15	0	80
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea 3</i>	0	0	0	1	0	5	0	6
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea 4</i>	0	0	20	0	0	48	0	68
Diptera	Chironomidae	<i>Stenochironomus 1</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
Diptera	Tabanidae	<i>Tabanidae 1</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
Diptera	Chironomidae	<i>Tanytarsus 1</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes 1</i>	5	15	8	6	25	38	0	97
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Tricorythodes 1</i>	0	0	1	0	0	2	0	3
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Varipes 1</i>	1	0	5	0	0	0	0	6
Coleoptera	Elmidae	<i>Xenelmis 1</i>	0	0	1	0	0	0	0	1
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Yaurina 1</i>	8	0	1	8	4	13	0	34
		<b>Abundancia</b>	<b>249</b>	<b>230</b>	<b>596</b>	<b>396</b>	<b>616</b>	<b>595</b>	<b>44</b>	<b>2726</b>
		<b>Riqueza</b>	<b>36</b>	<b>43</b>	<b>54</b>	<b>44</b>	<b>47</b>	<b>41</b>	<b>16</b>	<b>87</b>

**Anexo 11.** Valores del Índice de Integridad Biológica (IBI) para los ambientes acuáticos evaluados en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu (dic. 2017).

CUENCA	Categorías	Riqueza o diversidad de especies						Composicion trófica de las especies			Abundancia y condición de los peces			Valor del IBI	CONDICIÓN
	Medidas	N° de especies	Characiformes	Siluriformes	Gymnotiformes	Otros	Tolerantes	Omnívoros	Detritívoros	Carnívoros	N° Individuos	Saludables	Lesionados		
PONASA	E1	5	3	5	1	3	3	3	5	3	5	5	5	46	Buena
	E2	5	3	5	3	5	3	5	5	5	5	5	5	54	Excelente
	E3	5	3	5	1	1	1	5	5	1	5	5	5	42	Buena
	E4	5	5	5	3	3	3	5	5	3	5	5	5	52	Excelente
	E5	3	3	3	1	1	1	3	1	3	3	5	5	32	Regular
	E6	5	5	3	1	3	3	5	3	3	3	5	5	44	Buena
	E7	5	5	3	3	1	1	5	3	3	5	5	5	44	Buena
MISHQUIYACU	E8	3	1	3	1	1	1	1	3	1	3	5	5	28	Regular
	E9	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	5	5	34	Regular
	E10	3	3	1	1	3	3	3	3	1	3	5	5	34	Regular
	E11	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	5	5	38	Buena
	E12	5	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5	46	Buena
	E13	5	5	3	1	1	1	5	5	3	5	5	5	44	Buena
	E14	3	3	3	1	1	1	5	1	3	5	5	5	36	Regular

**Anexo 12.** Puntuación del Índice BMWP/col en los ambientes evaluados de las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu (dic. 2017).

CUENCA		río Ponasa							río Mishquiyacu						
ORDEN/CLASE	FAMILIA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
Ephemeroptera	Baetidae	7	7	7	7	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7
	Leptohyphidae	7	7	7	7	0	0	7	7	7	7	7	7	7	0
	Leptophlebiidae	0	4	18	4	0	0	1	1	6	3	4	13	23	0
	Oligoneuridae	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	2	2	0	0
Odonata	Calopterygidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7	7
	Coenagrionidae	0	7	0	7	0	0	7	7	0	7	0	0	7	7
	Gomphidae	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	10	0
	Libellulidae	6	6	6	6	0	0	0	0	0	6	6	6	6	0
	Polythoridae	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plecoptera	Perlidae	10	10	10	10	0	0	0	10	10	10	10	10	10	0
Hemiptera	Naucoridae	7	7	7	7	0	0	7	7	7	7	7	7	7	0
	Pleidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
Megaloptera	Corydalidae	0	6	6	6	0	0	0	6	6	0	6	6	6	0
Lepidoptera	Crambidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichoptera	Glossosomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7	7	0	0
	Helicopsychidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0
	Hydropsychidae	5	5	5	5	5	0	5	5	5	5	5	5	5	0
	Leptoceridae	0	0	8	8	8	0	8	8	0	8	8	8	0	8
	Odontoceridae	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0
	Polycentropodidae	0	9	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0
Coleoptera	Dryopidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0
	Elmidae	6	6	6	6	6	0	6	6	6	6	6	6	6	6
	Hydrophilidae	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lutrochidae	0	0	0	6	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
	Psephenidae	0	10	10	10	0	0	0	0	10	0	10	10	0	0
	Ptilodactylidae	10	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	0	0	0
Diptera	Ceratopogonidae	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3
	Chironomidae	0	2	2	2	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2
	Dolichopodidae	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Empididae	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0
	Simuliidae	0	8	8	8	0	0	0	8	8	8	0	8	8	0
	Stratiomyidae	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
	Tabanidae	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tipulidae	0	3	0	3	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0
Amphipoda	Hyalellidae	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Decapoda	Palaemonidae	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	Trichodactylidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastropoda	Ampullariidae	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
	Thiaridae	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
BMWP/col		62	120	110	109	27	13	64	74	115	125	115	118	122	48
Calidad		Aceptable	Buena	Buena	Aceptable	Crítica	Muy crítica	Aceptable	Aceptable	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Dudosa



**Anexo 13.** Puntuación del Índice EPT (%) en los ambientes evaluados de las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu (dic. 2017).

INSECTA		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
<b>EPHEMEROPTERA</b>															
Baetidae	<i>Americabaetis</i>	0	0	6	1	0	0	2	7	1	1	3	2	25	0
	<i>Baetodes 1</i>	14	46	17	8	0	0	0	10	1	7	5	1	25	3
	<i>Baetodes 2</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Baetodes 3</i>	0	0	15	0	0	0	0	4	5	14	0	0	0	0
	<i>Caenis 1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	<i>Caenis 2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	<i>Camelobaetidium</i>	0	76	53	2	0	0	0	50	17	47	192	25	52	0
	<i>Guajirulus</i>	0	15	12	33	0	0	0	12	9	9	2	4	1	0
	<i>Paracloeodes</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Varipes</i>	0	2	0	0	0	0	0	1	0	5	0	0	0	0
Leptohyphidae	<i>Allenhyphes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0
	<i>Haplohyphes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	1	0	0	0
	<i>Leptohyphes 1</i>	0	6	2	12	0	0	0	5	5	16	3	31	36	0
	<i>Leptohyphes 2</i>	2	7	1	5	0	0	0	6	2	0	2	15	13	0
	<i>Leptohyphes 3</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Leptohyphes 4</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
	<i>Leptohyphes 5</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
	<i>Tricorythodes 1</i>	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Tricorythodes 2</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Tricorythodes 3</i>	4	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Tricorythodes 4</i>	1	2	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Yaurina</i>	1	3	8	4	0	0	0	8	0	1	8	4	13	0
Leptophlebiidae	<i>Farrodes</i>	0	4	18	4	0	0	1	1	6	3	4	13	23	0
	<i>Hydrosmilodon</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
	<i>Thraulodes</i>	9	48	140	10	0	0	0	5	15	8	6	25	38	0
Oligoneuridae	<i>Euthyplocia</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	2	2	0	0
	<i>Lachlania</i>	0	0	0	0	0	0	36	0	0	1	0	1	4	0
<b>PLECOPTERA</b>															
Perlidae	<i>Anacroneuria 1</i>	2	2	12	5	0	0	0	2	1	19	2	26	9	0
	<i>Anacroneuria 2</i>	0	1	7	3	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0
	<i>Anacroneuria 3</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Anacroneuria 4</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	5	1	0	6	0	0
<b>TRICHOPTERA</b>															
Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	1	0	0
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	1	3	10	0	1	0	0	5	3	8	9	2	1	0
	<i>Smicridea 1</i>	13	51	103	77	0	0	0	11	33	28	14	102	47	0
	<i>Smicridea 2</i>	0	0	0	8	0	0	1	19	3	19	16	8	15	0
	<i>Smicridea 3</i>	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	1	0	5	0
	<i>Smicridea 4</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	48	0
Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>	0	0	3	1	1	0	1	2	0	5	2	3	0	1
Odontoceridae	<i>Marilia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
Polycentropodidae	<i>Cerootina</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Polycentropus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
TOTAL EPT		50	289	410	192	3	0	42	149	127	220	281	278	361	4
TOTAL EPT		71	351	512	369	16	3	63	249	230	598	396	616	595	44
EPT(%)		70	82	80	52	19	0	67	60	55	37	71	45	61	9

**Anexo 14.** Puntuación del SVAP en los ambientes evaluados de las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu (dic. 2017).

	Río Ponasa 1	Río Ponasa 2	Qda. Chambira	Río Ponasa 3	Río Ponasa 4	Río Ponasa 5	Río Ponasa 6	Río Garrapata	Río Mishquiyacu 1	Río Mishquiyacu 2	Río Mishquiyacu 3	Río Mishquiyacu 4	Río Mishquiyacu 5	Río Mishquiyacu 6
<b>Estaciones</b>	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
<b>Zona ribereña</b> (margen derecha)	1.5	1.5	3.5	2.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	2.5	3.5	2.5
(margen izquierda)	2.5	2.5	3.5	2.5	2.5	2.5	5	3.5	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5	2.5
<b>Estabilidad de la orilla</b>	7	7	7	7	3	3	7	7	7	3	3	3	10	7
<b>Apariencia del agua</b>	4	1	4	1	1	1	1	4	4	4	1	1	1	1
<b>Cobertura para peces</b>	5	8	6	6	3	3	3	5	6	8	6	5	3	3
<b>Enriquecimiento de nutrientes</b>	7	10	7	10	10	10	10	7	10	7	10	10	10	10
<b>Pozas</b>	-	-	7	-	-	-	-	7	7	-	-	-	-	-
<b>Presencia de estiércol</b>	-	-	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Presencia de basura</b>	3	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
<b>Barrera para el movimiento de peces</b>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>Condición del canal</b>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>Habitats para invertebrados acuáticos</b>	3	7	10	7	3	3	7	10	7	7	7	7	7	3
<b>Comunidad de Invertebrados acuáticos</b>	10	9	8	8	6	6	8	8	8	8	8	8	8	6
<b>Total</b>	63	69	81	72	52	52	64.5	75	76	64	61	62	65	55
<b>Total/N</b>	6.3	6.9	7.4	6.5	5.8	5.8	7.2	7.5	7.6	7.1	6.8	6.9	7.2	6.1
<b>Calificación</b>	Re	Re	Re	Re	Po	Po	Re	Bu	Bu	Re	Re	Re	Re	Re

**Anexo 15.** Lista de peces actualizada de la cuenca del río Ponasa adicionando las especies de la evaluación rápida realizada en 2004.

Orden	Familia	Especie
Characiformes	Crenuchidae	<i>Characidium cf. zebra</i>
Characiformes	Parodontidae	<i>Parodon buckleyi</i>
Characiformes	Parodontidae	<i>Parodon pongoensis</i>
Characiformes	Curimatidae	<i>Steindachnerina dobula</i>
Characiformes	Prochilodontidae	<i>Prochilodus nigricans</i>
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax bimaculatus</i>
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax abramis</i>
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax aff. fasciatus</i>
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax maximus</i>
Characiformes	Characidae	<i>Creagrutus barrigai</i>
Characiformes	Characidae	<i>Creagrutus flavescens</i>
Characiformes	Characidae	<i>Creagrutus ortegai</i>
Characiformes	Characidae	<i>Knodus beta</i>
Characiformes	Characidae	<i>Knodus smithi</i>
Characiformes	Characidae	<i>Knodus hypopterus</i>
Characiformes	Characidae	<i>Knodus megalops</i>
Characiformes	Characidae	<i>Knodus orteguasae</i>
Characiformes	Characidae	<i>Knodus septentrionalis</i>
Characiformes	Characidae	<i>Knodus victoriae</i>
Characiformes	Characidae	<i>Leptagoniates steindachneri</i>
Characiformes	Characidae	<i>Odontostilbe sp. 1</i>
Characiformes	Characidae	<i>Odontostilbe sp.2</i>
Characiformes	Characidae	<i>Paragoniates alburnus</i>
Characiformes	Characidae	<i>Prodontocharax melanotus</i>
Characiformes	Characidae	<i>Scopaeocharax atopodus</i>
Gymnotiformes	Sternopygidae	<i>Sternopygus macrurus</i>
Siluriformes	Auchenipteridae	<i>Centromochlus perugiae</i>
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Imparfinis longicaudus</i>
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Pimelodella aff. gracilis</i>
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Pimelodus ornatus</i>
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Rhamdia sp.</i>
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus aff. taczanowskii</i>
Siluriformes	Loricariidae	<i>Ancistrus sp.1</i>
Siluriformes	Loricariidae	<i>Ancistrus sp.2</i>
Siluriformes	Loricariidae	<i>Ancistrus aff tamboensis</i>
Siluriformes	Loricariidae	<i>Chaetostoma lineopunctatum</i>
Siluriformes	Loricariidae	<i>Chaetostoma breve</i>
Siluriformes	Loricariidae	<i>Chaetostoma sp.</i>
Siluriformes	Loricariidae	<i>Farlowella smithi</i>
Siluriformes	Loricariidae	<i>Hypostomus sp.</i>
Siluriformes	Loricariidae	<i>Loricaria aff. Cataphracta</i>
Siluriformes	Loricariidae	<i>Rineloricaria lanceolata</i>
Synbranchiformes	Synbranchidae	<i>Synbranchus marmoratus</i>
Cichliformes	Cichlidae	<i>Bujurquina huallagae</i>
Cichliformes	Cichlidae	<i>Crenicichla sedentaria</i>
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i>
TOTAL		46

## Anexo 16. Diagnósis de las especies

**ORDEN: CHARACIFORMES**

**FAMILIA: CHARACIDAE**

Género *Astyanax* (Baird & Girard, 1854)

### 1. *Astyanax abramis* (Jenyns, 1842)



**Diagnosis:** Altura del cuerpo 2.7 o 3 veces contenidas en la longitud estándar (SL). Mancha humeral ovalada y otra de forma romboide en el pedúnculo caudal, que se extiende hasta los radios medios de la aleta (Galvis et al., 2006). Línea lateral con 40-42 escamas perforadas. Aleta anal con 30 o 31 radios ramificados.

### 2. *Astyanax aff. fasciatus*



**Diagnosis:** Altura del cuerpo 2.5-3.5 veces contenidas en la SL. Longitud de la cabeza 3-3.2 veces la SL. Mancha humeral verticalmente alargada y otra mancha en el pedúnculo caudal. Línea lateral con 38 o 39 escamas perforadas. Aleta dorsal en la mitad del cuerpo. Aleta anal con 26-28 radios ramificados.

3. *Astyanax maximus* (Steindachner, 1876)



**Diagnosis:** Altura del cuerpo 2.4-2.9 veces contenidas en la SL. Longitud de la cabeza 3.5-3.8 veces la SL. Mancha humeral verticalmente alargada y otra mancha en el pedúnculo caudal que continúa hasta el final de los radios medios de la aleta caudal (Gery, 1977). Línea lateral con 40 o 41 escamas perforadas. Aleta dorsal delante de la mitad del cuerpo. Aleta anal con 27-29 radios ramificados.

Género *Creagrutus* (Günther, 1864)

4. *Creagrutus barrigai* (Vari y Harold, 2001)



**Diagnosis:** Longitud orbital 36.8-40.8% de la longitud de la cabeza (HL). Distancia desde el hocico hasta el origen de la aleta anal 58-61% de la longitud estándar. Maxila con 2 o 3 dientes. Dentario con cinco dientes. Marca humeral verticalmente alargada, márgenes anteriores y posteriores de la marca que van de lo recto a algo arqueado. Diez escamas predorsales. Línea lateral con 36-38 escamas perforadas. Aleta anal con 14 radios ramificados.

5. *Creagrutus flavescens* (Vari y Harold, 2001)



**Diagnosis:** Longitud orbital 33.5-34.6% de la HL. Maxila con 2 o 3 dientes. Seis dientes en la hilera primaria de dientes del premaxilar. Dentario con cinco dientes. Marca humeral anteriormente curvada. Diez escamas predorsales. Línea lateral con 38-40 escamas perforadas. Aleta anal con 11 radios ramificados.

6. *Creagrutus ortegai* (Vari y Harold, 2001)



**Diagnosis:** Longitud orbital 31-33.3% de la HL. Maxila con 3 o 4 dientes. Seis dientes en la hilera primaria de dientes del premaxilar. Dentario con seis dientes. Marca humeral romboidal. Once o doce escamas predorsales. Línea lateral con 37-39 escamas perforadas. Aleta anal con 11 o 12 radios ramificados.



Género *Galeocharax* (Fowler, 1910)

7. *Galeocharax* sp.



**Diagnosis:** Dos dientes caninos en la hilera externa del premaxilar. Cuatro dientes caninos en la hilera externa del dentario. Aleta anal con 44 radios ramificados.

Género *Knodus* (Eigenmann, 1911)

8. *Knodus smithi* (Fowler, 1943)



**Diagnosis:** Cinco hileras de escamas entre la línea lateral y el origen de la aleta dorsal. 38 a 40 escamas perforadas en la línea lateral. Longitud de la aleta anal 31.5-33.9% SL. Aleta anal con 23-26 radios ramificados.

9. *Knodus hypopterus* (Fowler, 1943)



**Diagnosis:** Altura del cuerpo 29.1-30% SL. Cinco hileras de escamas entre la línea lateral y el origen de la aleta dorsal. Cinco cúspides en los dientes de la serie interna del premaxilar. Cinco cúspides en los dientes de la maxila. Longitud de la aleta anal 30.5-33.1% SL. Aleta anal con 20-23 radios ramificados.

10. *Knodus megalops* (Fowler, 1943)



**Diagnosis:** Altura del cuerpo 34-37.8% SL. Cinco hileras de escamas entre la línea lateral y el origen de la aleta dorsal. Mancha humeral alargada. Cinco cúspides en los dientes de la serie interna del premaxilar. Cinco cúspides en los dientes de la maxila. 34-38 escamas perforadas en la línea lateral. Aleta anal con 18-24 radios ramificados.



11. *Knodus victoriae* (Steindachner, 1907)



**Diagnosis:** Altura del cuerpo 29.3-31% SL. Cinco hileras de escamas entre la línea lateral y el origen de la aleta dorsal. Mancha humeral redondeada. Cinco cúspides en los dientes de la serie interna del premaxilar. Cinco cúspides en los dientes de la maxila. Diámetro de la órbita 37-39% de la longitud de la cabeza. Con 37-39 escamas perforadas en la línea lateral. Longitud de la aleta anal 22-24.3% SL.

12. *Knodus ortegasae* (Fowler, 1943)



**Diagnosis:** Cuatro hileras de escamas entre la línea lateral y el origen de la aleta dorsal. Tres hileras de escamas entre la línea lateral y el origen de la aleta pélvica. Cinco cúspides en los dientes de la serie interna del premaxilar. Presencia de 15-18 radios ramificados en la aleta anal.

Género *Leptagoniates* (Boulenger, 1887)

13. *Leptagoniates steindachneri* (Boulenger, 1887)



**Diagnosis:** Cuerpo marcadamente alargado (4.1 veces la longitud estándar). Línea lateral con 46 escamas perforadas. Aleta anal con 64 radios.

Género *Paragoniates* (Steindachner, 1876)

14. *Paragoniates alburnus* (Steindachner, 1876)



**Diagnosis:** Mancha tenue y redondeada sobre el pedúnculo caudal. Línea lateral con 16 escamas perforadas. Aletas anal y caudal con los extremos de los radios oscuros. Aleta anal con 43-45 radios, con márgenes rectos sin presentar prolongación.

Género *Odontostilbe* (Cope, 1870)

15. *Odontostilbe ecuadorensis* (Bührnheim & Malabarba, 2006)



**Diagnosis:** Boca terminal. Premaxila con seis dientes heptacuspídeos. Dentario con siete dientes heptacuspídeos, con cúspides centrales de diferente tamaño que el resto. Prolongación del segundo radio no ramificado de la aleta dorsal. Ausencia de ganchos en el radio no ramificado de la aleta pélvica. 13-15 rastrillos branquiales.

16. *Odontostilbe* sp.1



**Diagnosis:** Boca terminal. Premaxila con siete dientes pentacuspídeos. Dentario con seis dientes pentacuspídeos, cuyas cúspides centrales son de diferente tamaño que el resto. Alargamiento del segundo radio no ramificado de la aleta dorsal. Con 18 rastrillos branquiales.

17. *Odontostilbe* sp.2



**Diagnosis:** Boca terminal. Premaxila con siete dientes hex - heptacuspídeos. Dentario con seis dientes pentacuspídeos, con cúspides centrales del mismo tamaño que el resto. Segundo radio alargado, no ramificado, de la aleta dorsal. 20-21 rastrillos branquiales.

Género *Prodontocharax* (Eigenmann & Pearson, 1924)

18. *Prodontocharax melanotus* (Pearson, 1924)



**Diagnosis:** Premaxila con cinco dientes tricuspídeos en cada lado. Maxila con 5 o 6 dientes tricuspídeos. Mancha oscura en los radios medios de la aleta dorsal y otra redondeada en la base de la aleta caudal (Böhlke, 1953). Aleta anal de tamaño moderado con 12-15 radios ramificados

Género *Scopaeocharax* (Weitzman & Fink, 1985)

19. *Scopaeocharax atopodus* (Böhlke, 1958)



**Diagnosis:** Hocico corto. Boca terminal. Altura del cuerpo moderada (3.7 veces la longitud estándar). Línea lateral con 34 escamas perforadas. Aleta anal corta, con 13 radios ramificados. Aleta adiposa ausente. Aleta caudal con escamas modificadas en la base.

**FAMILIA: CRENUCHIDAE**

Género *Characidium* (Reinhardt, 1867)

20. *Characidium* aff. *zebra*



**Diagnosis:** Cuerpo con 10 bandas transversales marrones oscuras. Con 14 series de escamas alrededor del pedúnculo caudal. Cuatro series de escamas entre la línea lateral y la serie predorsal. 5 series de escamas entre la línea lateral y la serie medio-ventral. Aleta caudal Hialina.



**FAMILIA: PARODONTIDAE**

Género *Parodon* (Valenciennes, 1849)

*21. Parodon buckleyi* (Boulenger, 1887)



**Diagnosis:** Cuerpo con una banda longitudinal lateral gris oscura, con proyecciones estrechas hacia arriba y hacia abajo, generalmente en forma de zigzag y bien evidentes (De Queiroz et al., 2013). Dientes premaxilares con 16 cúspides. Cuatro escamas post-anales. Línea lateral con 39 escamas perforadas.

*22. Parodon pongoensis* (Allen, 1942)



**Diagnosis:** Cuerpo con una banda lateral bien definida sin proyecciones dorsales o ventrales. Presencia de una mancha negra en el lóbulo inferior de la aleta caudal (Londoño-Burbano et al., 2011). Dientes premaxilares con 9-12 cúspides. Tres escamas post-anales. Línea lateral con 36-38 escamas perforadas.

**FAMILIA: CURIMATIDAE**

Género *Steindachnerina* (Fowler, 1906)

23. *Steindachnerina dobula* (Günther, 1868)



**Diagnosis:** Numerosos procesos carnosos lobulados en el techo de la boca. Ausencia de una región pre pélvica aplanada. Cuerpo sin múltiples franjas oscuras longitudinales. Aleta dorsal sin una mancha distinta de pigmentación oscura en la porción basal de los radios centrales. Mancha oscura alargada horizontalmente en el pedúnculo caudal extendiéndose hasta los radios centrales de la aleta caudal (Vari, 1991). Con 2-3 escamas entre el borde posterior del ano y el origen de la aleta anal.

Género *Curimata* (Bosc, 1817)

24. *Curimata aspera* (Günther, 1868)



**Diagnosis:** Cuerpo más robusto. Ancho interorbital 0.52 de la longitud de la cabeza. Línea lateral con 50 escamas perforadas. 15 escamas entre la línea lateral y origen de la aleta dorsal. Aleta anal con 12 radios ramificados.

**ORDEN: GYMNOTIFORMES**

**FAMILIA: STERNOPYGIDAE**

Género *Sternopygus* (Müller y Troschel, 1849)

25. *Sternopygus macrurus* (Bloch & Schneider 1801)



**Diagnosis:** Hocico cónico y coloración del cuerpo marrón oscuro. Franja Longitudinal blanca sobre cada flanco en la mitad posterior del cuerpo. Narinas ampliamente separadas entre sí.

**ORDEN: SILURIFORMES**

**FAMILIA: LORICARIIDAE**

Género *Ancistrus* (Kner, 1854)

26. *Ancistrus* sp.1



**Diagnosis:** Altura de cuerpo 5.8 veces contenida en la SL. Ancho del cuerpo 3.4 veces contenida en la SL. Cada hueso dentario con 40-45 dientes bífidos.



27. *Ancistrus* sp.2



**Diagnosis:** Altura del cuerpo 6-6.4 veces contenida en la SL. Ancho del cuerpo 3.2-3.5 veces contenida en la SL. Cada hueso dentario 32-38 dientes bífidos.

Genero *Chaetostoma* (Tschudi, 1846)

28. *Chaetostoma lineopunctatum* (Eigenmann & Allen, 1942)



**Diagnosis:** Altura del cuerpo 17.5-19.5% de la longitud estándar. Puntos oscuros distribuidos regularmente sobre el cuerpo. Presencia de una quilla carnosa sobre el supraoccipital. Odontodes en número de 4 ó 5.

29. *Chaetostoma breve* (Regan, 1904)



**Diagnosis:** Altura del cuerpo 20.9% de la longitud estándar. Color uniforme sobre el cuerpo. Presencia de una quilla carnosa sobre el supraoccipital. Odontodes en número de cuatro.

Género *Hypostomus* (La Cepède, 1803)

30. *Hypostomus hemicochliodon* (Armbruster, 2003)



**Diagnosis:** Color del cuerpo de marrón oscuro a negro. Manchas en el cuerpo, no ampliamente espaciadas. Presencia de una papila bucal de tamaño mediano y un gran parche de odontodes sobre el opérculo. Distancia interorbital 46.7% de la longitud de la cabeza.

Género *Farlowella* (Eigenmann y Eigenmann, 1889)

31. *Farlowella smithi* (Fowler, 1913)



**Diagnosis:** Tres hileras de placas en el abdomen, cuatro hileras laterales anteriores. Relación entre la longitud del hocico a la boca y la longitud de la cabeza mayor a 0.5. Proyección del hocico estrecho (Retzer y Page, 1997).

Género *Rineloricaria* (Bleeker, 1862)

32. *Rineloricaria lanceolata* (Günther, 1868)



**Diagnosis:** Cabeza con hocico redondeado. Color del cuerpo amarillo con manchas oscuras sobre la cabeza, en el dorso y el pedúnculo caudal. Bandas transversales ausentes o poco definidas. Todas las aletas oscuras con pocas áreas claras.

Género *Loricaria* (Linnaeus, 1758)

33. *Loricaria aff. cataphracta*



**Diagnosis:** Relación longitud de la cabeza (HL) / longitud del hocico de 2. Relación HL/ diámetro orbital máximo 4.3. Odontodes prominentes en dos filas longitudinales sobre el proceso supraoccipital, en las tres placas intermedias predosales y en la parte lateral a lo largo del cuerpo. Aleta caudal con una mancha marrón oscura a excepción de las puntas de los tres rayos ramificados superiores en el lóbulo superior. Las aletas pares y la aleta dorsal pueden estar uniformemente pigmentadas de color marrón oscuro.

**FAMILIA: HEPTAPTERIDAE**

Género *Imparfinis* (Eigenmann y Norris, 1900)

34. *Imparfinis longicaudus* (Boulenger, 1887)



**Diagnosis:** Aleta adiposa larga. Barbicelos maxilares extendiéndose hasta la base de las aletas ventrales. Aleta dorsal más larga que ancha. Aleta caudal profundamente bifurcada. El lóbulo superior más largo que el lóbulo inferior.

Género *Pimelodella* (Eigenmann & Eigenmann, 1888)

35. *Pimelodella aff.gracilis*



**Diagnosis:** Presenta un par de barbillas maxilares que se extienden hasta la aleta pélvica, y dos pares de barbillas ventrales que se extienden hasta la mitad de la aleta pectoral. Presenta una franja oscura a los lados que se extiende desde la hocico hasta los radios medios de la aleta caudal. Lóbulo superior de la aleta caudal con el mismo ancho que el lóbulo inferior y más largo.

36. *Pimelodella sp.1*



**Diagnosis:** Presenta un par de barbillas maxilares que se extienden más allá de la aleta adiposa, y dos pares de barbillas ventrales que se extienden hasta el final de la aleta pectoral. Presenta una franja oscura delgada a los lados. Lóbulo superior de la aleta caudal más estrecha y ligeramente más larga que el lóbulo inferior.

Género *Rhamdia* (Bleeker, 1858)

37. *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard 1824)



**Diagnosis:** Ojos de tamaño mediano (15.7% de la longitud de la cabeza). Distancia interorbital amplia (35.1 % de la longitud de la cabeza). El extremo distal de las barbillas maxilares no sobrepasa el pedúnculo caudal. Lóbulos dorsales y ventrales de la aleta caudal generalmente con la misma longitud, o el lóbulo ventral sutilmente más largo que el lóbulo dorsal.

**FAMILIA: PIMELODIDAE**

Género *Pimelodus* (La Cepède, 1803)

38. *Pimelodus ornatus* (Kner, 1858)





**Diagnosis:** Cuerpo de tono claro, cabeza oscura y con una franja oscura oblicua que se extiende desde antes de la espina dorsal hacia el vientre. Presenta franjas negras en cada lóbulo de la aleta caudal. Aleta dorsal con una gran mancha negra que va desde la espina hasta el cuarto o quinto radio. Las demás aletas hialinas (Galvis *et al.*, 2006).

**FAMILIA: AUCHENIPTERIDAE**

Género *Centromochlus* (Kner, 1858)

39. *Centromochlus perugiae* (Steindachner, 1883)



**Diagnosis:** Cuerpo de tamaño pequeño. Color del cuerpo crema sobre el cual se evidencia manchas redondeadas de color negro en la parte dorsal y lateral del cuerpo. Cabeza oscura con algunas manchas irregulares debajo del ojo. Vientre claro (Galvis *et al.*, 2006).

**FAMILIA: TRICHOMYCTERIDAE**

Género *Trichomycterus* (Valenciennes, 1832)

40. *Trichomycterus aff. taczanowskii*



**Diagnosis:** Ojos pequeños. El dorso y los lados del cuerpo sin mancha. Las barbillas maxilares extendiéndose hasta después del origen de la aleta pectoral. Origen de las aletas ventrales un poco más cerca al hocico que al extremo de la aleta caudal. Dientes cónicos. Aleta dorsal con nueve radios. Aleta anal con siete radios. Relación longitud estándar/longitud de la cabeza 5-5.5.

Género *Pseudostegophilus* (Eigenmann & Eigenmann, 1889)

41. *Pseudostegophilus nemurus* (Günther, 1869)



**Diagnosis:** Cuerpo alargado, cabeza ancha, con cuatro bandas oscuras a los lados, los márgenes de las bandas más oscuras. Aleta caudal, profundamente bifurcada, con pequeñas manchas oscuras irregulares en la base, el lóbulo superior prolongado y puntiagudo, y el lóbulo inferior más oscuro hacia la parte distal. Base de la aleta dorsal más oscura, resto de las aletas hialinas (Galvis *et al.*, 2006).



**ORDEN: CYPRINODONTIFORMES**

**FAMILIA: POECILIIDAE**

Género *Poecilia* (Bloch & Schneider 1801)

42. *Poecilia reticulata* (Peters 1859)



**Diagnosis:** Presenta dimorfismo sexual, hembras de mayor tamaño, pueden alcanzar los 30mm y son de color gris, mientras que los machos son pequeños y vistosos con una mancha redondeada en la base de la aleta caudal. La aleta anal en machos esta transformada en un órgano reproductor, el gonopodio (Meza, 2014). La aleta dorsal con 12 radios.

**ORDEN: SYNBRANCHIFORMES**

**FAMILIA: SYNBRANCHIDAE**

Género *Synbranchus* (Bloch, 1795)

43. *Synbranchus marmoratus* (Bloch, 1795)



**Diagnosis:** Ojos muy cerca al final del hocico. Longitud orbital 11.6 % de la longitud de la cabeza. Coloración del cuerpo moteado o cubierto de manchas. Dorso oscuro y los flancos y vientre con una serie de manchas marrones sobre un fondo claro. Pedúnculo caudal 32.2 % de la longitud total.

**ORDEN: CICHLIFORMES**

**FAMILIA: CICHLIDAE**

Género *Bujurquina* (Kullander, 1986)

44. *Bujurquina huallagae* (Kullander, 1986)



**Diagnosis:** Labios finos. Aletas pectorales cortas (30.9-32.2 % de la longitud estándar). Presenta puntos iridiscentes verde o azul desde la mejilla que se extiende por debajo del ojo. Banda lateral continua, extendiéndose desde el ojo hasta el pedúnculo caudal. Las barras 5 y 6 generalmente se separan. Barra 7 casi dividida por una ligera franja cruzada. Banda suborbital recta. Proyecciones de aleta dorsal con bordes gris oscuro y puntos claros en la base.

Género *Crenicichla* (Heckel, 1840)

45. *Crenicichla sedentaria* (Kullander, 1986)



**Diagnosis:** Serie longitudinal de escamas en número de 58. Sin mancha humeral y banda suborbital. Amplia franja postorbital marrón oscuro más intensa cerca de la órbita. Barras oblicuamente anteriores de color marrón oscuro. Banda lateral ligeramente más oscura. Mancha ocelada en la base de la aleta caudal.

**Anexo 16.** Fotografías de algunos macrobentos colectados en las cuencas de los ríos Ponasa y Mishquiyacu (diciembre 2017).



ORDEN EPHEMEROPTERA  
Familia Baetidae  
Género *Baetodes*



ORDEN EPHEMEROPTERA  
Familia Baetidae  
Género *Caenis*



ORDEN EPHEMEROPTERA  
Familia Leptohyphidae  
Género *Haplohyphes*



ORDEN EPHEMEROPTERA  
Familia Leptohyphidae  
Género *Leptohyphes*

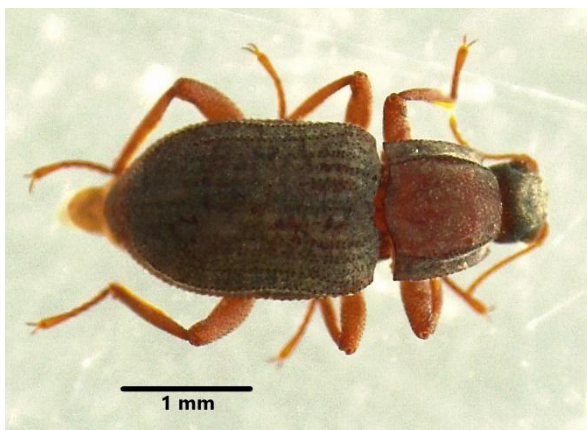


ORDEN EPHEMEROPTERA  
Familia Leptohyphidae  
Género *Tricorythodes*



ORDEN PLECOPTERA  
Familia Perlidae  
Género *Anacroneuria*





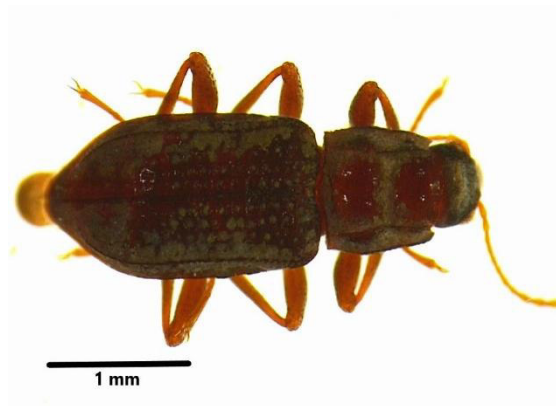
ORDEN COLEOPTERA  
Familia Elmidae  
Género *Cylloepus*



ORDEN COLEOPTERA  
Familia Elmidae  
Género *Macrelmis*



ORDEN COLEOPTERA  
Familia Elmidae  
Género *Microcylloepus*



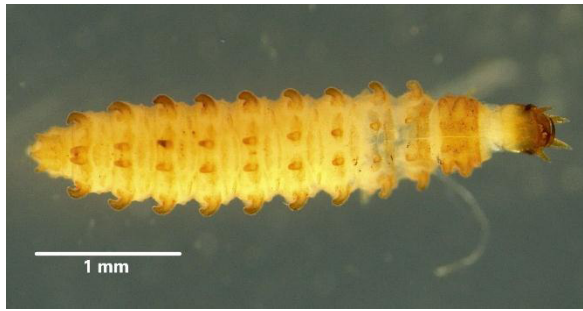
ORDEN COLEOPTERA  
Familia Elmidae  
Género *Neoelmis*



ORDEN COLEOPTERA  
Familia Elmidae  
Género *Notelmis*



ORDEN COLEOPTERA  
Familia Elmidae  
Género *Xenelmis*



ORDEN COLEOPTERA  
Familia Hydrophilidae  
Género *Anacaena*



ORDEN COLEOPTERA  
Familia Ptilodactylidae  
Género *Anchytarsus*



ORDEN DIPTERA  
Familia Chironomidae  
Género *Hudsonimya*



ORDEN DIPTERA  
Familia Chironomidae  
Género *Onconeura*



ORDEN DIPTERA  
Familia Ceratopogonidae  
Género *Bezzia*



ORDEN DIPTERA  
Familia Simuliidae  
Género *Simulium*



ORDEN DIPTERA  
Familia Tipulidae  
Género *Hexatoma*



ORDEN DIPTERA  
Familia Empididae  
Género *Hemerodromia*



ORDEN TRICHOPTERA  
Familia Hydropsychidae  
Género *Smicridea*



ORDEN TRICHOPTERA  
Familia Hydropsychidae  
Género *Leptonema*



PHYLLUM MOLLUSCA  
Familia Thiaridae  
Género *Melanoides*



PHYLLUM MOLLUSCA  
Familia Ampullariidae  
Género *Asolene*





